

การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง จากการสะท้อนพลังงาน
กรณีศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี

ปริญญานิพนธ์
ของ
สมสิริ สวัสดิ์เฉลิม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
พฤษภาคม 2550

การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง จากการสะท้อนพลังงาน
กรณีศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี

ปริญญานิพนธ์
ของ
สมสิริ สวัสดิ์เฉลิม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
พฤษภาคม 2550
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง จากการสะท้อนพลังงาน
กรณีศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี

ของ
สมสิริ สวัสดิ์เฉลิม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2550

.....ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์
(ดร. สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

.....กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์
(อาจารย์แสวงจันทร์ ศรีสุรัตน์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณี พุทธาภูมิไกร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ สุรภี อิงคากุล)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย

จาก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลดังกล่าว ดังต่อไปนี้

ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม ประธานกรรมการปริญญานิพนธ์อาจารย์เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์ กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ แนะนำแนวทางและแนวคิดในการวิจัย และตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดจนเสนอแนะการแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยนี้ ผศ.วรรณิ พุทธาภูมิไกร และ รศ.สุรภี อิงคากุล ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำการวิจัย

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยข้าว ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการจัดทำเอกสารต่างๆ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกๆ คนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

สมสิริ สวัสดิ์เฉลิม

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษา.....	3
	ความสำคัญของการศึกษา.....	3
	ขอบเขตของการศึกษา.....	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
	กรอบแนวคิดของการศึกษา.....	5
	สมมติฐานของการศึกษา.....	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	7
	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับข้าว.....	13
	การสำรวจข้อมูลระยะไกล.....	20
	การสะท้อนพลังงานของพืช.....	26
	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	36
	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37
3	วิธีดำเนินการศึกษา.....	40
	ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	40
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	43
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	43
	การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	44
4	ผลการศึกษา.....	53
	ตัวอย่างพื้นที่ศึกษา.....	53
	ดัชนีพื้นที่ไป.....	56
	มวลชีวภาพ.....	59

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
ดัชนีพืชพรรณ.....	61
ค่า RVI.....	64
ค่า NDVI.....	66
ค่า IPVI.....	68
ค่า SAVI.....	70
ปริมาณผลผลิต.....	72
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยศึกษา.....	73
ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับมวลชีวภาพ.....	73
ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับดัชนีพืชพรรณ.....	74
ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับดัชนีพืชพรรณ.....	75
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ไป.....	76
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพ.....	77
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพืชพรรณ.....	77
สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิต.....	78
สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตโดยใช้	
สมการถดถอยเชิงเส้นเดียว.....	78
สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตโดยใช้	
สมการถดถอยพหุคูณแบบ stepwise.....	99
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	107
สรุปผลการศึกษา.....	108
อภิปรายผล.....	110
ข้อบกพร่องในการศึกษา.....	113
ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป.....	113
บรรณานุกรม.....	114

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	121
ภาคผนวก ก ตารางการเก็บข้อมูลในการศึกษา.....	122
ภาคผนวก ข กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงาน.....	127
ภาคผนวก ค ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์.....	136
ภาคผนวก ง อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา.....	137
ภาคผนวก จ พื้นที่ศึกษา.....	143
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	154

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	22
2 การใช้ประโยชน์ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 7 ระบบ ETM ⁺	23
3 คุณสมบัติของภาพสีผสมของดาวเทียม LANDSAT TM.....	24
4 แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษา 10 จุด.....	56
5 แสดงดัชนีพื้นที่ไปในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	58
6 แสดงมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ศึกษา (กรัม/ตารางเมตร).....	60
7 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง ในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์).....	62
8 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์).....	63
9 แสดงค่า RVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	64
10 แสดงค่า NDVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	66
11 แสดงค่า IPVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	68
12 แสดงค่า SAVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	70
13 แสดงปริมาณผลผลิตที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์.....	72
14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับมวลชีวภาพ ในแต่ละวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก.....	74
15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับดัชนีพืชพรรณ.....	74
16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับดัชนีพืชพรรณ.....	76
17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ไป.....	77
18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพ.....	77
19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพืชพรรณ.....	78
20 แสดงค่าของสมการคาดการณ์ปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ไป ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	80
21 แสดงค่าของสมการคาดการณ์ปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ไป ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	82
22 ค่าของสมการคาดการณ์ปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ไป ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	85

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
23	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	87
24	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	90
25	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	92
26	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	95
27	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	97
28	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	99
29	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	101
30	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	103
31	แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	105
32	แสดงข้อมูลที่เก็บในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	123
33	แสดงข้อมูลที่เก็บในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	124
34	แสดงข้อมูลที่เก็บในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	125
35	แสดงข้อมูลที่เก็บในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	126
36	แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตรในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	128
37	แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตรในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	130

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
38 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตรในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	132
39 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตรในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	134
40 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับปัจจัยศึกษา.....	137
41 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับปัจจัยศึกษา.....	137

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองจังหวัดสุพรรณบุรี.....	9
2 แสดงพื้นที่ชลประทาน.....	11
3 ส่วนต่างๆ ของลำต้นข้าว.....	14
4 แสดงใบที่เกิดและตายของข้าวตั้งแต่เริ่มหว่านถึงเก็บเกี่ยว.....	15
5 ส่วนต่างๆ ของดอกข้าว.....	16
6 ส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวเปลือก (ผ่าตามยาว).....	17
7 ช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโตของข้าว.....	18
8 ใบแรกและรากงอกออกจากเมล็ด.....	19
9 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	21
10 การสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิด.....	27
11 ปริมาณการสะท้อนพลังงานของพืชที่ต่างชนิดกัน.....	28
12 ความแตกต่างการสะท้อนพลังงานของพืชสีเขียว.....	29
13 แสดงระวางแผนที่บริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร.....	41
14 แสดงดัชนีภาพจากดาวเทียมบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี.....	42
15 แสดงขั้นตอนการดำเนินการเลือกพื้นที่ศึกษา.....	45
16 แสดงการแบ่งพื้นที่เก็บตัวอย่างข้าว.....	46
17 แสดงระยะการเจริญเติบโตของข้าวนาปรัง.....	46
18 แสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างในการศึกษา.....	48
19 แสดงขั้นตอนการดำเนินการจัดกระทำข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล.....	52
20 แผนที่แสดงภาพจากดาวเทียมผสมในแบนด์ 5-4-3 (R-G-B) ปี 2548 บริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี.....	54
21 แผนที่แสดงเขตพื้นที่นาปรัง จังหวัดสุพรรณบุรี.....	55
22 แผนที่แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษา 10 จุด.....	57
23 กราฟแสดงดัชนีพื้นที่ใบในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	59
24 กราฟแสดงมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	61
25 กราฟแสดงค่า RVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	65
26 กราฟแสดงค่า NDVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	67
27 กราฟแสดงค่า IPVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	69

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
28 กราฟแสดงค่า SAVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	71
29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	79
30 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	81
31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	82
32 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	83
33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	84
34 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	86
35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	87
36 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	88
37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	89
38 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	91
39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	92

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
40 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	93
41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	94
42 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	96
43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	97
44 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	98
45 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน.....	100
46 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน.....	102
47 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน.....	104
48 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จาก สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน.....	106
49 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 30.....	129
50 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 60.....	131

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
51 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90.....	133
52 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 120.....	135
53 เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของวัตถุ (Spectrometer) และชาตัง.....	139
54 ตู้อบ.....	140
55 เครื่องมือวัดพื้นที่ (Curvimeter).....	141
56 เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์.....	141
57 เครื่องวัดค่าความชื้น.....	142
58 พื้นที่ศึกษา 1.....	144
59 พื้นที่ศึกษา 2.....	145
60 พื้นที่ศึกษา 3.....	146
61 พื้นที่ศึกษา 4.....	147
62 พื้นที่ศึกษา 5.....	148
63 พื้นที่ศึกษา 6.....	149
64 พื้นที่ศึกษา 7.....	150
65 พื้นที่ศึกษา 8.....	151
66 พื้นที่ศึกษา 9.....	152
67 พื้นที่ศึกษา 10.....	153

การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง จากการสะท้อนพลังงาน
กรณีศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี

บทคัดย่อ
ของ
สมสิริ สวัสดิ์เฉลิม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
พฤษภาคม 2550

สมสิริ สวัสดิ์เฉลิม. (2550) . การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง จากการสะท้อน

พลังงาน : กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี .ปริญญาณิพนธ์ วท.ม.(ภูมิศาสตร์).

กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

คณะกรรมการควบคุม : ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม, อาจารย์เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์

การศึกษาการประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง จากการสะท้อนพลังงาน ในพื้นที่ จังหวัดสุพรรณบุรี โดยเก็บข้อมูลในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน, 60 วัน, 90 วัน และ 120 วัน เพื่อนำค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้มาหาค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ RVI NDVI IPVI และ SAVI และนำไปศึกษาความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อไร่ ดัชนีพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพ เพื่อสร้างสมการประมาณผลผลิตข้าวนาปรัง ซึ่งดัชนีพืชพรรณได้จากการตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงาน ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) ดัชนีพื้นที่ใบได้จากการวัดพื้นที่ใบข้าวด้วยเครื่องมือวัดพื้นที่ มวลชีวภาพได้จากการชั่งน้ำหนักต้นข้าวส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินซึ่งนำไปอบที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ผลผลิตต่อไร่ได้จากการชั่งน้ำหนักข้าวที่ ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำค่าดัชนีพืชพรรณ ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและผลผลิตต่อไร่ มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และนำไปสร้างสมการการประมาณผลผลิตข้าวนาปรังโดยสร้างสมการถดถอยด้วยวิธี stepwise

ผลการศึกษา พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์กันสูงมากและเป็นไปในทางเดียวกัน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณทุกดัชนีกับดัชนีพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์กันสูงและเป็นไปในทางเดียวกัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณทุกดัชนีกับมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์กันน้อย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณบางดัชนีกับมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์เป็นไปในทางเดียวกัน เมื่อนำปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน มาใช้ในการสร้างสมการเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กันสูงสุด โดยการประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง สามารถเขียนสมการได้ในรูปแบบ ดังนี้

$$Y_{60} = 0.63 BM_{60} + 424.33, r^2 = 0.92$$

เมื่อ

$$Y_{60} = \text{ปริมาณผลผลิตต่อไร่}$$

$$BM_{60} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน}$$

SECOND RICE YIELD ESTIMATION FROM SPECTRAL REFLECTANCE
A CASE STUDY OF CHANGWAT SUPHUNBURI

AN ABSTRACT
BY
SOMSIRI SAWATCHALERM

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science degree in Geography
at Srinakharinwirot University
May 2007

Somsiri Sawatchalerm. (2007) . *Second Rice Yield Estimation from Spectral Reflectance. : A Case Study of Changwat Suphanburi*. Master thesis, M.Sc. (Geography).
 Bangkok : Graduate School, Srinakharrinwirot University. Advisor Committee :
 Dr Supan Karnchanasuthum, Mr Sawetthachat Srisurat.

The study on second rice yield estimation is conducted and based on spectral reflectance in Suphanburi province. The spectral reflectance, leaf area index (LAI) and biomass were collected in the day after of 30 days, 60 days, 90 days and 120 days of planting. In this study, four types of vegetation index (VI) were used to derive relationships between VI, LAI, biomass and yield, namely RVI NDVI IPVI and SAVI, and the relationship used to make the second rice yield estimation equation. VI were measured by the spectral reflectance from the spectrometer. LAI were measured by the curvimeter. Biomass were weighed of above ground rice after being oven-dried at the temperature 80 celsius for 72 hours. Yield (kilogram/rai) were weighed at the moisture content of 14 percent. VI LAI biomass and yield were calculated for the Pearson correlation coefficient and were incorporated the second rice yield estimation equation by stepwise regression.

The result is that the coefficient of between yield, with LAI and biomass shows perfect positive correlation . The coefficient between VI with LAI is perfect positive correlation. The coefficient of VI with biomass indicated imperfect correlation. The coefficient of some VI with biomass shows positive correlation. The highest coefficient of yield with LAI, biomass and VI after 60 days of planting is incorporated in the equation for second rice yield estimation. The yield estimation equation is as follows.

$$Y_{60} = 0.63 BM_{60} + 424.33 , r^2 = 0.92$$

when

$$Y_{60} = \text{Yield}$$

$$BM_{60} = \text{Biomass in the day after planting 60 days.}$$

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ความนิยมด้านการบริโภคอาหารจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละลักษณะทางด้านกายภาพ สังคมและวัฒนธรรมในการดำเนินชีวิต ประชากรประมาณครึ่งหนึ่งของโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่บริโภคข้าวมาเป็นระยะเวลาช้านาน ข้าวจึงมีบทบาทสำคัญในการเป็นอาหารหลักของประเทศ การปลูกข้าวจึงกระจายไปในเกือบทุกพื้นที่ ทำให้ผลผลิตข้าวที่ได้มีปริมาณมากเพียงพอต่อการบริโภค และยังสามารถส่งออกไปยังต่างประเทศได้อีก ซึ่งในขณะนี้กระทรวงพาณิชย์ได้จัดตั้งตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพตลาดสินค้าเกษตรและเป็นเครื่องมือในการลดความเสี่ยงต่อความผันผวนของราคา (กรมการค้าภายใน. 2543 : 1) การทราบผลผลิตข้าวล่วงหน้าได้ในแต่ละปี ก็จะทำให้รัฐบาลสามารถวางแผนในการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และสำหรับการส่งออกเป็นไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีการผลิตข้าวอยู่ในอันดับต้นๆ ของโลก โดยส่วนใหญ่แล้วข้าวจะนิยมปลูกในภูมิภาคที่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ไม่ว่าจะเป็นจังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอ่างทอง และยังคงเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำในการอุปโภคบริโภคอย่างพอเพียงอีกด้วย เพราะน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มระดับผลผลิตข้าว (อัมมาร สยามวาลา ; และ วิโรจน์ ณ ระนอง. 2533 : 43) จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่ม ประกอบกับระบบชลประทานที่สามารถแจกจ่ายน้ำสู่พื้นที่เกษตรกรรมได้อย่างพอเพียง เนื้อที่ที่ใช้ในการทำเกษตรกรรมส่วนใหญ่จึงเป็นเนื้อที่ที่ใช้ในการทำนา จังหวัดสุพรรณบุรีทำนาปีละ 2-3 ครั้ง ในปี พ.ศ.2548 เนื้อที่ปลูกข้าวนาปรัง 1,151,990 ไร่ ผลผลิตข้าวนาปรังที่ได้ 851,321 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2547 : 7) แต่เนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศที่มีความไม่แน่นอน ส่งผลให้ปริมาณการผลิตและราคามีความผันผวนในระดับสูงเปลี่ยนแปลงไปอย่างไม่มีเสถียรภาพ การทราบปริมาณผลผลิตได้ล่วงหน้าจึงสามารถ วางแผนการผลิตและการตลาดได้ (กรมการค้าภายใน. 2543 : 4) เช่น การคาดคะเนปริมาณการบริโภคและปริมาณการส่งออก การกำหนดราคาสินค้าและตกลงซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า การประกันราคาสินค้า เป็นต้น

ในปัจจุบันการเกษตรกรรมได้นำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ ไม่ว่าจะเป็นด้านการเพิ่มผลผลิต การป้องกันแมลงหรือศัตรูพืช รวมถึงการคาดคะเนปริมาณผลผลิต เป็นต้น เทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งเป็นข้อมูลจากดาวเทียม ข้อมูลที่ได้มามีลักษณะครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และสามารถนำข้อมูลไปเปรียบเทียบความแตกต่างหรือขอบเขตของพื้นที่หนึ่งๆ ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น การเปรียบเทียบหาพื้นที่ป่าไม้ การขยายตัวของเมือง การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกลเป็นการวิเคราะห์และศึกษาเกี่ยวกับการสะท้อน (Reflectance) และการดูดซับ (Absorbed) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ของวัตถุที่แตกต่างกัน จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวัตถุแต่ละชนิด (Wilkie; & Finn. 1996 : 1-15) และยังมีการสำรวจภาคพื้นดินเป็นอีกเทคโนโลยีที่มีการวิเคราะห์และศึกษาปริมาณการสะท้อนและดูดซับพลังงานของวัตถุ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณการสะท้อนและการดูดซับพลังงานของวัตถุในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ Spectrometer หรือบางครั้งเรียกว่า Spectroradiometer ทำให้เราทราบความแตกต่างของการสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิดได้อย่างรวดเร็ว อาทิเช่น พืชสามารถสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ได้ดี น้ำสามารถดูดซับพลังงานที่ตกกระทบได้เกือบทั้งหมด ซึ่งในที่นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านเกษตรกรรมได้อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาความสมบูรณ์ของพืช ศึกษาหาผลผลิตพืช ศึกษาดัชนีพื้นที่ใบ ตลอดจนนำผลการศึกษากลับมาใช้ในการสะท้อนพลังงานของพืชไปใช้ในการคาดคะเนผลผลิตของพืชได้อีกด้วย

ข้าวเป็นพืชชนิดหนึ่งที่สามารถนำหลักการของการสำรวจข้อมูลระยะไกลไปประยุกต์ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวกับผลผลิตข้าวได้ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ศึกษาหาความสมบูรณ์และการเจริญเติบโตทางกายภาพของข้าว เช่น ผลผลิตข้าว ดัชนีพื้นที่ใบ เป็นต้น แต่ข้อจำกัดของการสำรวจข้อมูลระยะไกลยังคงมีอยู่อีกหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่ได้มาต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล สภาพอากาศที่เป็นอุปสรรค ในบางครั้งอาจมีความผันแปรของข้อมูลเนื่องจากสภาพแวดล้อม จึงทำให้การสำรวจภาคพื้นดินจึงเป็นอีกทางเลือกที่ใช้ในการศึกษาการสะท้อนพลังงานของพืช

ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงนำเครื่องวัดการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่น ซึ่งมีความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการเก็บข้อมูล โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการเก็บปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวนาปรังในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อใช้ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนพลังงาน, การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาปรังในจังหวัดสุพรรณบุรี

ความมุ่งหมายของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวของข้าวนาปรัง
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง (Yield) กับมวลชีวภาพ (Biomass), ผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรังกับดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index) และ ผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรังกับดัชนีพืช (Vegetation Indices)
3. เพื่อประมาณผลผลิตข้าวนาปรังจากดัชนีพืช, มวลชีวภาพและดัชนีพื้นที่ใบ

ความสำคัญของการศึกษา

1. เพื่อทราบค่าดัชนีพืชของข้าวนาปรังตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงาน
2. เพื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวนาปรัง, มวลชีวภาพและดัชนีพื้นที่ใบ
3. เพื่อคาดคะเนผลผลิตของข้าวนาปรังจากค่าดัชนีพืชพรรณ, มวลชีวภาพและดัชนีพื้นที่ใบ
4. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขตของการศึกษา

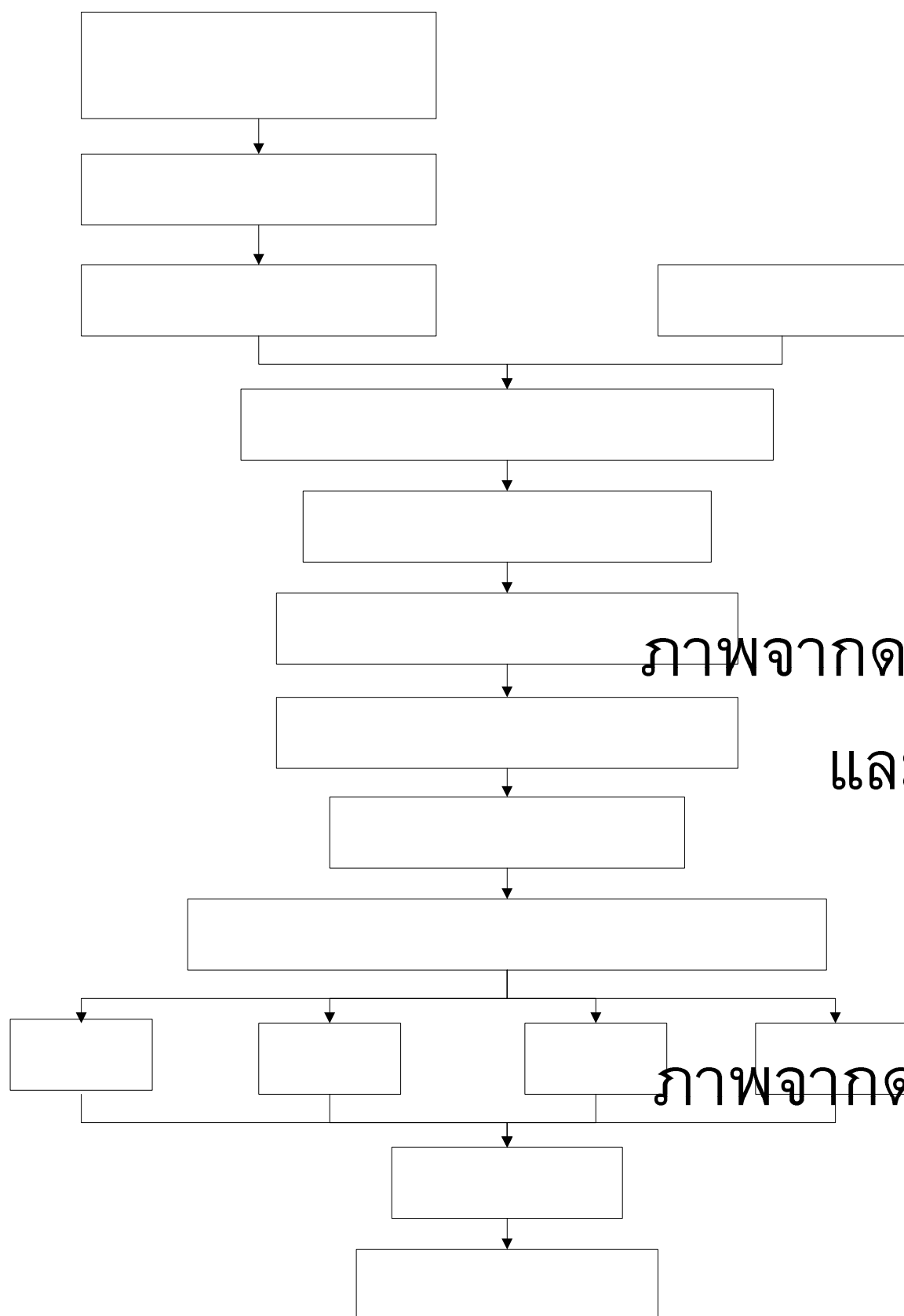
ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลปัจจัยการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของข้าวนาปรัง ดังนี้

1. พื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังในจังหวัดสุพรรณบุรี
2. การศึกษาอยู่ในช่วงการทำนาปรัง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2548
3. ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่
 - 3.1 ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าว (เมตร)
 - 3.2 พื้นที่ใบของต้นข้าว (ตารางเมตร)
 - 3.3 น้ำหนักแห้งของต้นข้าวเหนือดิน (Aboveground Dry Weight : ADW) (กรัม/ตารางเมตร)
 - 3.4 ปริมาณการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่น 675 นาโนเมตรและความยาวช่วงคลื่น 750 นาโนเมตรของข้าวนาปรัง (Spectral Reflectance)
 - 3.5 ผลผลิตข้าวนาปรัง (กิโลกรัม/ไร่) และปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **ข้าวนาปรัง** หมายถึง ข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวที่ปลูกนอกฤดูกาล มีการใช้น้ำชลประทานเป็นหลักในการเพาะปลูก
2. **พื้นที่ใบ** หมายถึง พื้นที่ใบสีเขียวของต้นข้าว (ตารางเมตร)
3. **ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index : LAI)** หมายถึง พื้นที่ใบสีเขียวของต้นข้าวต่อหน่วยพื้นที่
4. **น้ำหนักแห้งของต้นข้าวเหนือดิน (Aboveground Dry Weight : ADW)** หมายถึง น้ำหนักของต้นข้าวเหนือดิน (กรัม) ที่คงที่หลังจากอบด้วยความร้อน 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง
5. **มวลชีวภาพ (Biomass)** หมายถึง น้ำหนักแห้งของต้นข้าวเหนือดินต่อหน่วยพื้นที่ (กรัม/ตารางเมตร)
5. **ผลผลิตต่อไร่ (Yield)** หมายถึง น้ำหนักข้าวเปลือกที่ผลิตได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัมต่อไร่) โดยคำนวณปริมาณความชื้นที่ 14 เปอร์เซ็นต์
6. **ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices)** หมายถึง ค่าที่ใช้ในการประเมินการสะท้อนพลังงานของพืช โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นอินฟราเรดใกล้ และความยาวคลื่นแสงสีแดง
7. **ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared : NIR)** หมายถึง ความยาวช่วงคลื่น 0.76-0.90 ไมโครเมตร (10^{-6} เมตร)
8. **ช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red)** หมายถึง ความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.69 ไมโครเมตร
9. **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง
10. **RVI (Ratio Vegetation Index)** หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ต่อปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง
11. **IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)** หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง
12. **SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)** หมายถึง ค่าดัชนีพืชพรรณที่ถูกปรับแก้ผลกระทบจากการสะท้อนพลังงานของพื้นดิน

กรอบแนวคิดของการศึกษา



ภาพจากดาวเทียม
และ Path

ภาพจากดาวเทียม

แผนที่การใช้ที่ดิน

สมมติฐานของการศึกษา

1. ค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับดัชนีพื้นที่ใบ
2. ผลผลิตข้าวมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกับมวลชีวภาพ, ดัชนีพื้นที่ใบ และดัชนีพืชพรรณ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
2. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับข้าว
3. การสำรวจข้อมูลระยะไกล
4. การสะท้อนช่วงคลื่นของพืช
5. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดสุพรรณบุรีตั้งอยู่บริเวณภาคกลางด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย ระหว่างละติจูดที่ 14 องศา 4 ลิปดา ถึง 15 องศา 5 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ 99 องศา 17 ลิปดา ถึง 100 องศา 13 ลิปดาตะวันออก โดยมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับจังหวัดชัยนาท และจังหวัดอุทัยธานี
ทิศใต้	ติดต่อกับจังหวัดนครปฐม
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับจังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับจังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดอุทัยธานี

จังหวัดสุพรรณบุรี ตั้งอยู่สูงกว่าระดับทะเลปานกลางระหว่าง 3-10 เมตร มีเนื้อที่ประมาณ 5,358 ตารางกิโลเมตร หรือ 3,348,750 ไร่ (คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุในคณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ. 2542 : 1)

1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสุพรรณบุรี สามารถแบ่งออกเป็น 2 เขตใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1.2.1 บริเวณเทือกเขาสูงและพื้นที่ลอนลาดสลับลอนชัน (Mountainous and undulating plain) เริ่มตั้งแต่ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอดูหมื่น ทอดขึ้นไปทางทิศเหนือ มีความลาดเท 2-8 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดสลับเชิงเขา ส่วนด้านทิศตะวันตก

ของอำเภอด่านช้าง มีสภาพเป็นลูกคลื่นลอนลาดสลับซับซ้อนจนถึงเทือกเขาสูงชัน เป็นแนวเขาที่ติดกับเขตเทือกเขาตะนาวศรี มีลำธารเล็กๆ หลายสายไหลผ่านลงสู่ลำห้วยกระเสียว ซึ่งอยู่ในที่ราบหุบ ปัจจุบันกรมชลประทานได้สร้างเขื่อนกั้นน้ำบริเวณบ้านนาตาปีน คือ เขื่อนกระเสียว ถัดจากแนวเทือกเขาเป็นที่ราบหุบเขามาทางตะวันออกจะเป็นแนวลูกคลื่นลอนชันถึงเนินเขา แล้วค่อยๆ ลาดเทลงมาทางทิศตะวันออกจนถึงแม่น้ำท่าจีน

1.2.2 บริเวณที่ราบลุ่ม (Plain) เป็นพื้นที่อยู่ทางด้านตะวันออกของจังหวัด อยู่ริมแม่น้ำสุพรรณบุรีทั้ง 2 ฝั่ง ตั้งแต่เหนือจรดใต้ มีความลาดชันระหว่าง 0-3 เปอร์เซ็นต์ ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้อยู่สูงกว่าระดับทะเลปานกลาง 3 เมตร ส่วนทิศเหนืออยู่สูงกว่าระดับทะเลปานกลาง 10 เมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดใช้ทำนา มีแม่น้ำไหลผ่านจากทิศเหนือจรดทิศใต้ ได้แก่ แม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี (กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2531 : 2-3)

1.3 ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดสุพรรณบุรีจะมีลักษณะคล้ายกับจังหวัดอื่นๆ ในภาคกลาง นอกจากนี้จะมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านในเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และยังมีลมตะวันออกหรือตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้เริ่มพัดผ่านเข้ามาในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม จากอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าวทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ

ฤดูฝน	เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม
ฤดูหนาว	เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์
ฤดูร้อน	เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

จังหวัดสุพรรณบุรีมีปริมาณฝนเฉลี่ยประมาณ 1,195 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 74.07 เปอร์เซ็นต์ (ปิติชัย พงษ์วานิชอนันต์. 2543 : 43-44)

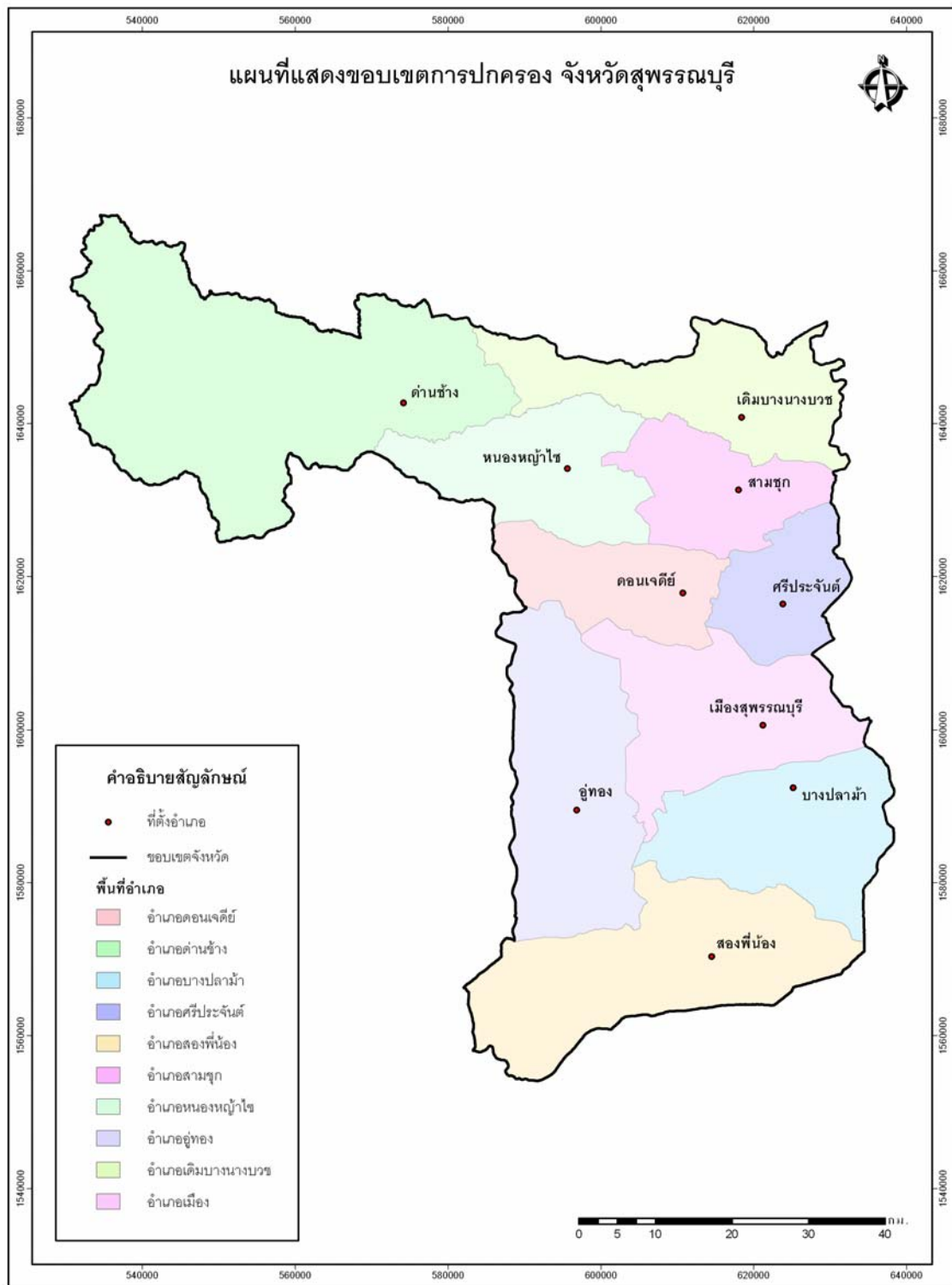
1.4 ทรัพยากรดิน

ดินที่พบในจังหวัดสุพรรณบุรีมีจำนวน 33 กลุ่ม ชุดดินจำนวน 167 ชุดดิน ลักษณะดินของจังหวัดสุพรรณบุรีแบ่งตามความเหมาะสมและการใช้ประโยชน์เป็น 3 กลุ่ม คือ

1.4.1 กลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว พบอยู่บริเวณที่ราบลุ่มของฝั่งแม่น้ำสุพรรณบุรีและบริเวณตอนกลางของจังหวัด

1.4.2 กลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่ ส่วนใหญ่จะพบอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด

1.4.3 กลุ่มดินที่เป็นปัญหาต่อการพัฒนาการเกษตร ได้แก่ กลุ่มดินที่มีสภาพเป็นกรด กลุ่มดินตื้น กลุ่มดินภูเขา และพื้นที่ดินเค็ม



ภาพประกอบ 1 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครอง จังหวัดสุพรรณบุรี

1.5 ทรัพยากรแหล่งน้ำ

จังหวัดสุพรรณบุรีมีทรัพยากรแหล่งน้ำที่ประกอบด้วย แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำชลประทาน ดังนี้

1.5.1 แม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี เข้าสู่จังหวัดสุพรรณที่อำเภอเดิมบางนางบวช ปลายแม่น้ำไหลลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร

1.5.2 แม่น้ำจรเข้สามพัน ไหลมาจากเขาหัวนอน อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ไหลลงสู่แม่น้ำสุพรรณบุรีที่ปากคลองสองพี่น้อง

1.5.3 ลำน้ำกระเสียว เกิดจากลำน้ำสายต่างๆ มารวมทางด้านตะวันตกของอำเภอท่าช้าง กลายเป็นลำห้วยกระเสียวไหลลงสู่ตอนกลางของจังหวัดสุพรรณบุรี ที่อำเภอสามชุก เป็นลำน้ำที่มีน้ำไหลผ่านตลอดปี

1.5.4 แหล่งน้ำชลประทาน จังหวัดสุพรรณบุรีมีโครงการชลประทานขนาดต่างๆ ดังนี้

- โครงการชลประทานขนาดใหญ่ 13 โครงการ พื้นที่ได้รับประโยชน์ 1,957,114 ไร่

- โครงการชลประทานขนาดกลาง 3 โครงการ พื้นที่ได้รับประโยชน์ 6,500 ไร่

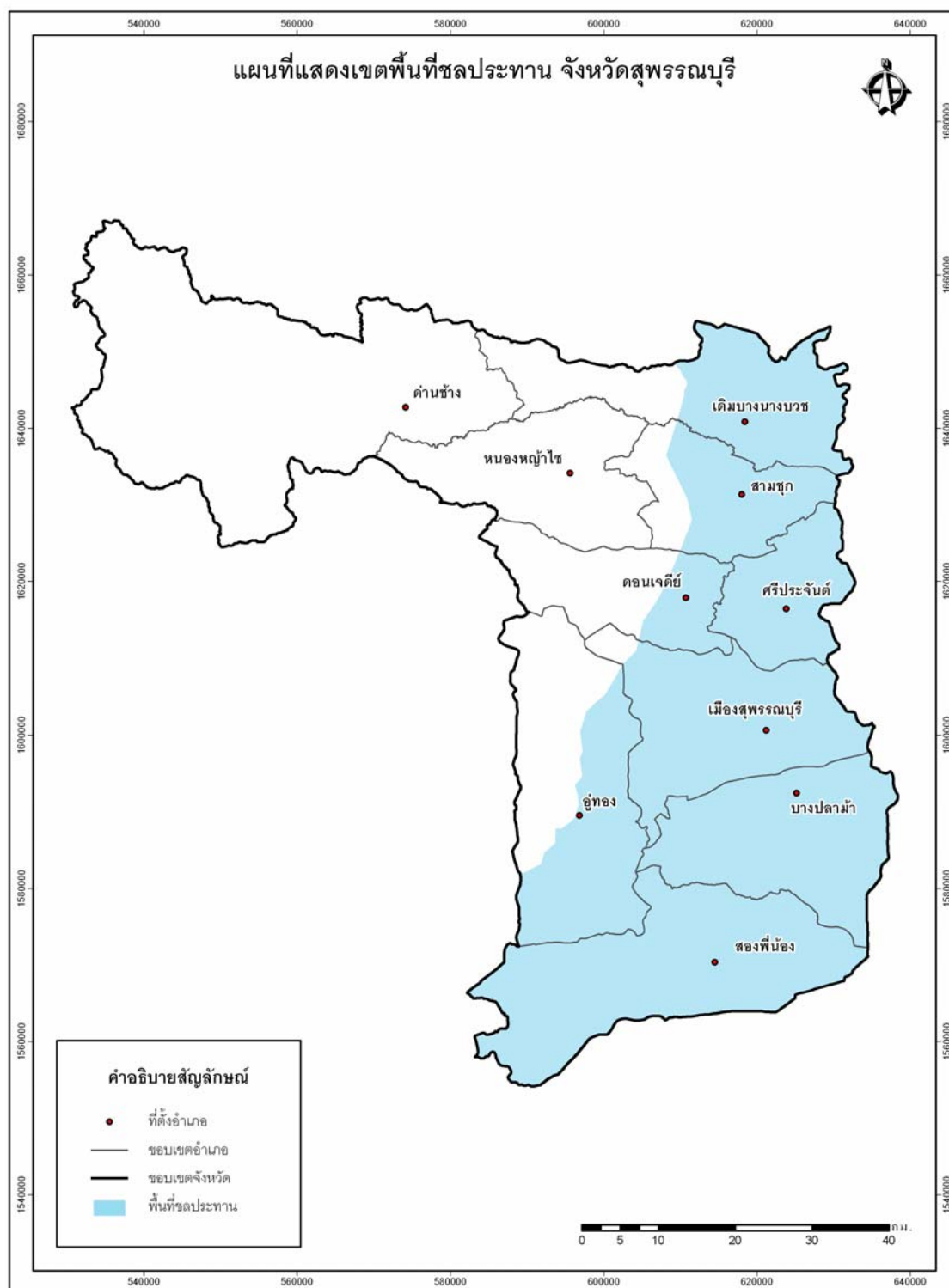
- โครงการชลประทานขนาดเล็ก 73 โครงการ พื้นที่ได้รับประโยชน์ 140,350 ไร่

รวมพื้นที่ได้รับประโยชน์ 2,103,964 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 62.83 ของพื้นที่จังหวัด

1.5.5 แหล่งน้ำใต้ดิน จังหวัดสุพรรณบุรีมีปริมาณน้ำใต้ดินน้อย ประมาณ 1-30 ลูกบาศก์ต่อชั่วโมง สำหรับแหล่งน้ำใต้ดินที่มีปริมาณน้ำมากครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอท่าช้าง (คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุในคณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. 2542 : 6-8)

1.6 ทรัพยากรป่าไม้

จังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ป่าส่วนใหญ่อยู่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด ประกอบด้วย ป่าสงวนแห่งชาติ 7 แห่ง มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 825,102.52 ไร่ อุทยานแห่งชาติ 1 แห่ง คือ อุทยานแห่งชาติพุเตย วนอุทยาน 1 แห่ง คือ วนอุทยานพุม่วง และเขตห้ามล่าสัตว์ป่า 1 แห่ง คือ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงฉวาก โดยพื้นที่ป่าเหล่านี้กระจายอยู่ทางตอนเหนือและตะวันตก และป่าไม้เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้เบญจพรรณ แต่ในปัจจุบันสภาพป่าไม้ในจังหวัดสุพรรณบุรีเปลี่ยนแปลงไปมากเนื่องจากการบุกรุกทำลายเพื่อใช้เป็นที่ทำมาหากินของราษฎร (ปิติชัย พงษ์วานิชพันธ์. 2543 : 54-57) จากข้อมูลในปี พ.ศ.2541 จังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ป่าไม้อยู่เพียง 369,847 ไร่ หรือเท่ากับ ร้อยละ 11.05 ของเนื้อที่จังหวัดเท่านั้น (คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุในคณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. 2542 : 6)



ภาพประกอบ 2 แผนที่แสดงเขตพื้นที่ชลประทาน จังหวัดสุพรรณบุรี

1.7 สภาพเศรษฐกิจ

มูลค่ารวมผลิตภัณฑ์ของจังหวัดสุพรรณบุรีในปี พ.ศ.2539 มีมูลค่ารวม 39,634 ล้านบาท ภาคเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดเป็นภาคเกษตรกรรม มีมูลค่า 9,724 ล้านบาท หรือเท่ากับร้อยละ 24.5 รองลงมา ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม มีมูลค่า 7,874 ล้านบาท หรือเท่ากับ ร้อยละ 19.8 และภาคการค้าปลีกและค้าส่ง มีมูลค่า 7,015 ล้านบาท หรือเท่ากับ ร้อยละ 17.7

1.8 โครงสร้างพื้นฐาน

จังหวัดสุพรรณบุรีมีทั้งการคมนาคม โทรคมนาคม ระบบไฟฟ้า และการประปา โดยการคมนาคมขนส่งทางบกมีทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 340 กรุงเทพฯ-สุพรรณบุรี ซึ่งปัจจุบันขยายเป็นถนนคอนกรีต 8 เลน ถนนเส้นนี้จะเป็นถนนเชื่อมต่อระหว่างภาคเหนือและภาคใต้โดยไม่ต้องผ่านกรุงเทพฯ มีถนนสายต่างๆ ความยาวรวมทั้งสิ้น 32,448 กิโลเมตร จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นจังหวัดที่มีระบบโครงข่ายเส้นทางคมนาคมขนส่งที่สมบูรณ์มากจังหวัดหนึ่งในประเทศ และยังมีการคมนาคมทางรถไฟอีกด้วย

1.9 สภาพสังคม

ตามหลักฐานทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2549 จังหวัดสุพรรณบุรีมีประชากรทั้งสิ้น 843,904 คน เป็นชาย 409,777 คน หญิง 445,569 คน (กรมการปกครอง. 2549 : ออนไลน์) อำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด คือ อำเภอศรีประจันต์ อำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยที่สุด คือ อำเภอด่านช้าง ประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ และประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น ทำนาข้าว ปลูกผลไม้ เป็นต้น (คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุในคณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. 2542 : 10-16)

1.10 การใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดินจังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำการเกษตร โดยในปี พ.ศ.2546 แบ่งการใช้ที่ดินได้ดังนี้ ที่อยู่อาศัย 69,841 ไร่ ที่นา 1,134,271 ไร่ ที่พืชไร่ 671,151 ไร่ ที่ไม้ผลและไม้ยืนต้น 116,105 ไร่ ที่สวนผักและไม้ดอก 31,484 ไร่ ที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 4,354 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่า 3,145 ไร่ และอื่นๆ 39,982 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2547 : 117) ทำให้จังหวัดสุพรรณบุรีมีรายได้ส่วนใหญ่มาจากภาคเกษตรกรรม โดยในปี พ.ศ.2541 พื้นที่ที่ใช้ในการทำเกษตรมีอยู่ประมาณ 2,213,213 ไร่ แบ่งออกเป็น พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 1,244,697 ไร่ ข้าวนาปรัง 954,370 ไร่ พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตพื้นที่ชลประทาน (ดังแสดงในภาพประกอบ 2) อ้อย 673,764 ไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 161,420 ไร่ มันสำปะหลัง 24,655 ไร่ ข้าวโพดฝักอ่อน 5,510 ไร่ ข้าวโพดรับประทานฝักสด 2,617 ไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้น 115,064 ไร่ พืชผัก 79,912 ไร่ ไม้ดอกไม้ประดับ 2,996 ไร่ ซึ่งพบว่าพื้นที่ทำนามีน้อยลง (คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุในคณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. 2542 : 12)

2. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีพื้นที่ในการปลูกข้าว และมีปริมาณการส่งออกข้าวอยู่ในอันดับต้นๆ ของโลก ลักษณะโดยทั่วไปของข้าวนั้น ประภา กาหยี (2542 : 1) ได้กล่าวไว้ว่า ข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า (Family Gramineae) สามารถเติบโตได้ดีในเขตร้อน (Tropical Zone) ซึ่งเป็นเขตรมรม ข้าวที่ปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารมีอยู่ 2 ชนิด คือ โอไรซ่า ซาติวา (*Oryza Sativa*) และ โอไรซ่า กลาเบอร์ริมา (*Oryza Glaberrima*) โดย โอไรซ่า ซาติวา นิยมปลูกทั่วไปในประเทศผู้ผลิตข้าว เช่น อินเดีย จีน ไทย อินโดนีเซีย เป็นต้น และโอไรซ่า กลาเบอร์ริมา ปลูกกันในบางประเทศในทวีปแอฟริกา แต่ในปัจจุบันเนื่องจากการเพาะปลูกข้าวชนิดนี้ลดลง เนื่องจากชาวนาเปลี่ยนมาปลูกข้าวชนิด โอไรซ่า ซาติวา มากขึ้น (ชาญ มงคล. 2536 : 17) ซึ่งในประเทศไทยพันธุ์ข้าวที่นำมาใช้ในเพาะปลูกมาจากสถาบันวิจัยข้าว ซึ่งสถาบันวิจัยข้าวได้ทำการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวเพื่อให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกในทุกสภาพพื้นที่นาของประเทศไทย (ประภา กาหยี. 2542 : 45)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

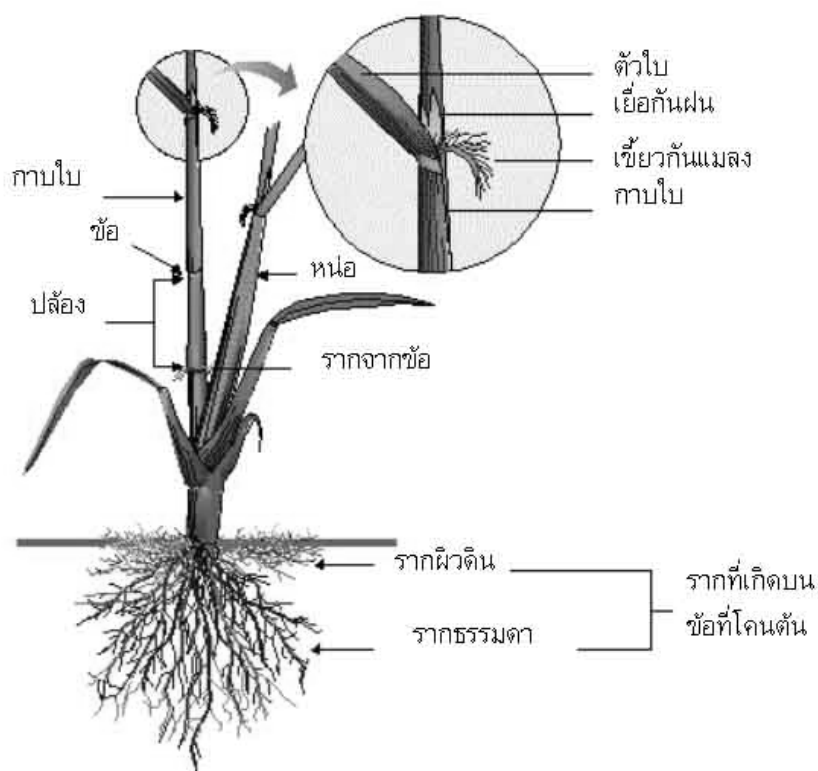
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว สามารถแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.1.1 ราก (Root)

ข้าวเป็นพืชที่มีรากอยู่ใต้ดิน หน้าที่หลักของราก คือ ใช้น้ำยึดพื้นดินเพื่อพยุงและลำเลียงน้ำ และใช้ดูดซึมธาตุอาหารและน้ำ (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534 : 11) โดยส่วนหนึ่งส่งไปที่ใบเพื่อใช้ในการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในการสร้างอาหาร (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 3) และที่เหลือจะถูกส่งไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของลำต้น รากของข้าวจัดอยู่ในประเภทรากฝอย (Fibrous Root System) (ชาญ มงคล. 2536 : 17) รากข้าวแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ รากแรกเกิด (Radicle) ซึ่งเมื่อข้าวอายุประมาณ 25-30 วัน รากชุดนี้ก็จะหลุดไป และจะมีรากฝอยงอกออกมาบริเวณโคนต้น (Adventitious Root) โดยรากฝอยนี้จะมีรากขนอ่อนปรากฏอยู่ด้วย (อรรควุฒิ ทศน์สองชั้น. 2526 : 31)

2.1.2 ลำต้น (Stem)

ลำต้นของข้าวมีลักษณะกลมกลวง และถูกแบ่งเป็นปล้องๆ (Internode) โดยข้อ (Node) เมื่อข้าวมีอายุประมาณ 30-40 วัน ต้นข้าวก็จะเริ่มมีการขยายตัวตามยาว เรียกว่า ย่างปล้อง ในระยะนี้จะมีต้นข้าวเกิดขึ้นใหม่ที่หน่อหรือตา (Bud) ซึ่งอยู่ที่ข้อบริเวณโคนต้นข้าว ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การแตกกอ (Tillering) ในข้าวพันธุ์พื้นเมืองสามารถแตกกอได้สูงสุด 5-20 ต้นต่อกอ ส่วนข้าวลูกผสมพันธุ์ใหม่สามารถแตกกอได้สูงสุด 25-75 ต้นต่อกอ (อรรควุฒิ ทศน์สองชั้น. 2526 : 36) โดยทั่วไปแล้วปล้องแรกๆ ที่อยู่ใกล้ผิวดินจะสั้นมากและมีขนาดใหญ่กว่าปล้องที่สูงขึ้นไป ปล้องที่มีขนาดยาวที่สุด คือ ปล้องที่อยู่ติดกับรวงข้าว (กรมส่งเสริมการเกษตร. มปป : 3-4) หน้าที่หลักของลำต้น คือ ช่วยพยุงส่วนต่างๆ ของลำต้น เช่น ใบ ช่อดอก เป็นต้น และช่วยในการลำเลียงธาตุอาหารและน้ำที่ถูกดูดซับโดยรากไปหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของลำต้นด้วย (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534 : 31)



ภาพประกอบ 3 ส่วนต่างๆ ของลำต้นข้าว

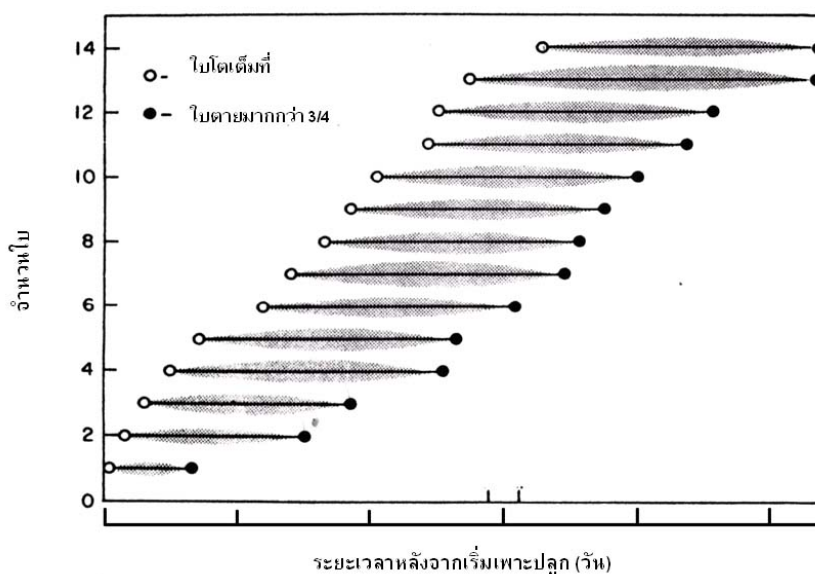
ที่มา : ดัดแปลงจาก อรรถวุฒิ ทัศนสองชั้น. 2526 : 35

2.1.3 ใบ (Leaf)

ใบข้าวเกิดมาจากบริเวณข้อของลำต้น หน้าที่หลักของใบ คือ การสร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) การหายใจ (Respiration) และการคายน้ำ (Transpiration) (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534 : 48)

ใบข้าวมีลักษณะเป็นแผ่นบาง เรียว ยาว เรียงสลับแนวละด้านของลำต้น ใบข้าวจะประกอบด้วยแผ่นใบ (Leaf Blade) และกาบใบ (Leaf Sheath) โดยจะมีข้อต่อใบ (Collar) เป็นตัวแบ่งระหว่างแผ่นใบและกาบใบ (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 4) เนื่องจากข้าวและหญ้าเป็นพืชในตระกูลเดียวกันแต่จะมีส่วนประกอบของใบที่แตกต่างกัน คือ ใบข้าวจะมีทั้งเยื่อพันน้ำฝน (Ligule) และเชื้อยักันแมลง (Auricle) ส่วนใบหญ้าจะมีเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือไม่มีทั้งสองก็ได้

ใบข้าวจะเกิดใหม่ทุกๆ 4-5 วันก่อนเกิดช่อดอก และจะเกิดใหม่ทุกๆ 7 วันหลังจากเกิดช่อดอก (Yoshida. 1981 : 21) โดยใบสุดท้ายที่เกิด คือ ใบธง (Flag Leaf) ซึ่งอยู่ติดกับรวงข้าว หน้าที่หลักของใบธง คือ สร้างอาหารไปเก็บสะสมที่เมล็ด ซึ่งลักษณะใบข้าวที่ดีควรจะต้งมีใบสั้น หนาและตั้งตรง มีสีเขียวเข้ม การที่ใบมีสีเขียวเข้มเนื่องจากมีปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) มาก ทำให้สามารถสร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากเช่นกัน (กรมส่งเสริมการเกษตร. มปป : 3-4)



ภาพประกอบ 4 แสดงใบที่เกิดและตายของข้าวตั้งแต่เริ่มหว่านถึงเก็บเกี่ยว

ที่มา : ดัดแปลงจาก เดอ แดตตา (De Datta. 1981 : 162)

2.1.4 รวงข้าว (Panicle)

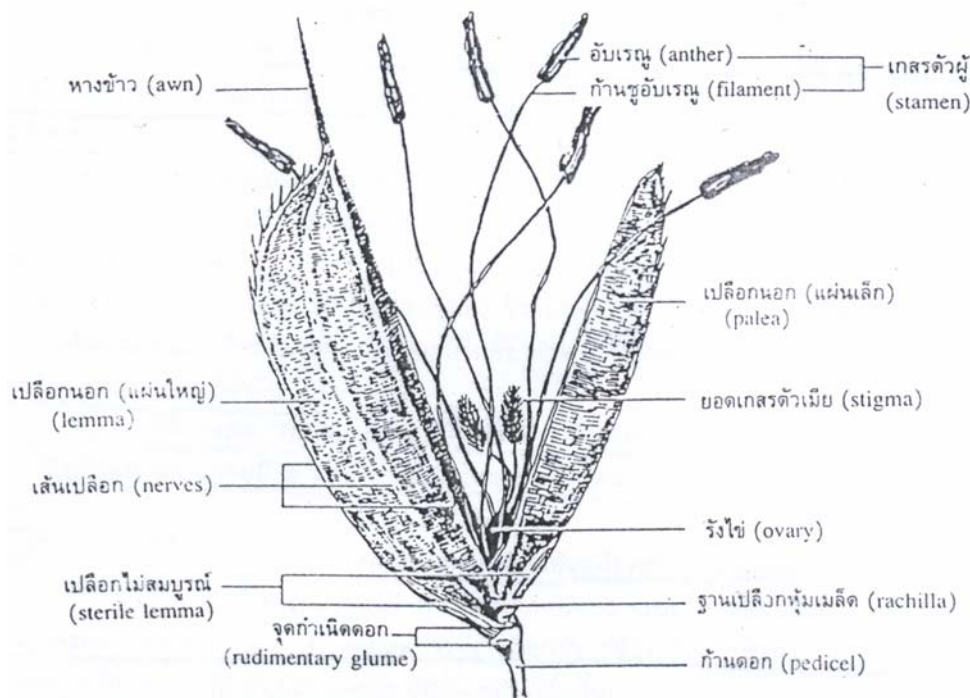
รวงข้าว หรือ ช่อดอกของข้าว (Inflorescence) เกิดที่ข้อของปล้องสุดท้าย หรือที่เรียกอีกอย่างหรือว่า ฐานของคอรวง (Panicle Base) ส่วนคอรวง (Uppermost Internode) คือ ระยะตั้งแต่ฐานของคอรวงจนถึงข้อต่อของใบธง (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 5)

รวงข้าวจะประกอบด้วย แกนรวง (Panicle Axis) และแตกแขนงตามข้อของ แกนรวงออกไปเป็นแขนงปฐมภูมิ (Primary Branch) และจะแตกแขนงจากข้อของแขนงปฐมภูมิไป เป็นแขนงทุติยภูมิ (Secondary Branch) โดยจะมีก้านดอก (Pedicel) และดอกข้าว (Spikelet) เกิดขึ้นที่แขนงทุติยภูมิ ข้าวที่มีระยะระหว่างก้านดอก ที่เรียกว่าระยะแฉ่งถี่ จะทำให้มีผลผลิตสูง (ประภา กาหยี. 2542 : 13)

2.1.5 ดอกข้าว (Spikelet)

ดอกข้าวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect Flower) คือ มีทั้งเกสรตัวผู้ (Stamen) และเกสรตัวเมีย (Pistil) ภายในดอกเดียวกัน (อรรควุฒิ ทัทสนสองชั้น. 2526 : 39) ส่วนประกอบของดอกข้าวแบ่งออกเป็น ส่วนประกอบภายนอก ได้แก่ กลีบดอกใหญ่ (Lemma) กลีบดอกเล็ก (Palea) หางข้าว (Awn) อยู่ที่ปลายของกลีบดอกใหญ่ ข้าวบางพันธุ์อาจมีหางสั้นมากหรืออาจไม่มีเลย ส่วนข้าวป้านั้นจะมีหางยาวมาก ที่โคนของกลีบดอกจะมีจุดกำเนิดของดอก (Rudimentary Glumes) ฐานเปลือกหุ้มเมล็ด (Rachilla) และที่ใต้ฐานเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีกลีบดอก (Sterile Lemma) อีก 2 กลีบ ส่วนประกอบภายในของดอกข้าว ได้แก่ เกสรตัวผู้ ซึ่งจะมีก้านเกสรตัวผู้ (Filament) 6 เส้น ที่ปลายก้านชูเกสรตัวผู้จะมีอับเรณู (Anther) ภายในอับเรณู จะมีละอองเรณู

(Pollen Grain) เป็นจำนวนมาก ส่วนเกสรตัวเมียจะมีรังไข่ (Ovary) และก้านชูเกสรตัวเมีย (Style) จากรังไข่ 2 เส้น ที่ปลายก้านชูเกสรตัวเมียจะเป็นยอดเกสรตัวเมีย (Stigma) (ชาญ มงคล. 2536 : 23)



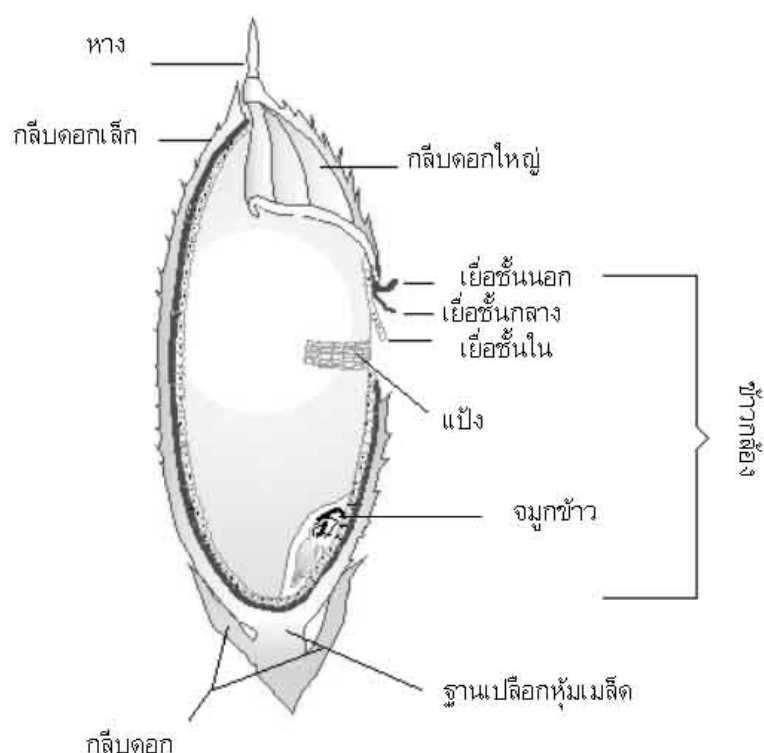
ภาพประกอบ 5 ส่วนต่างๆ ของดอกข้าว

ที่มา : ดัดแปลงจาก ประภา กาหยี. 2542 : 12

2.1.6 เมล็ดข้าว (Rice Grain)

เมล็ดข้าวเกิดจากการผสมเกสร (Pollination) ของเกสรตัวผู้กับเกสรตัวเมีย ในส่วนที่เป็นรังไข่ โดยนิวเคลียสจากละอองเกสรตัวผู้ที่รวมตัวกับนิวเคลียสของไข่จะเจริญไปเป็น จมูกข้าวหรือคัพพะ (Embryo) ซึ่งจะเจริญไปเป็นต้นข้าว (ชาญ มงคล. 2536 : 24) ส่วนนิวเคลียส จากละอองเกสรตัวผู้ที่ไปรวมกับนิวเคลียสส่วนอื่นในรังไข่ (Polar Nuclei) ก็จะเจริญไปเป็นแป้ง (Endosperm) (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 7)

เมล็ดข้าวประกอบด้วย กลีบดอกใหญ่และกลีบดอกเล็ก หรือเรียกว่า เปลือก (Hull) โดยเปลือกนี้จะหุ้มส่วนที่เรียกว่าข้าวกล้อง (Brown Rice) ไว้ เมล็ดข้าวกล้องจะประกอบด้วย เยื่อบางๆ ได้แก่ เยื่อชั้นนอก (Pericarp Layers) 2 ชั้น เยื่อชั้นกลาง (Tegmen) และเยื่อชั้นใน (Aleurone) โดยสีของข้าวกล้องจะขึ้นอยู่กับเยื่อชั้นนอก (อรรควุฒิ ทัศนสองชั้น. 2526 : 42-44)



ภาพประกอบ 6 ส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวเปลือก (ผ่าตามยาว)

ที่มา : ดัดแปลงจาก อรรถวุฒิ ทัศนสองชั้น. 2526 : 43

2.2 ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของข้าว

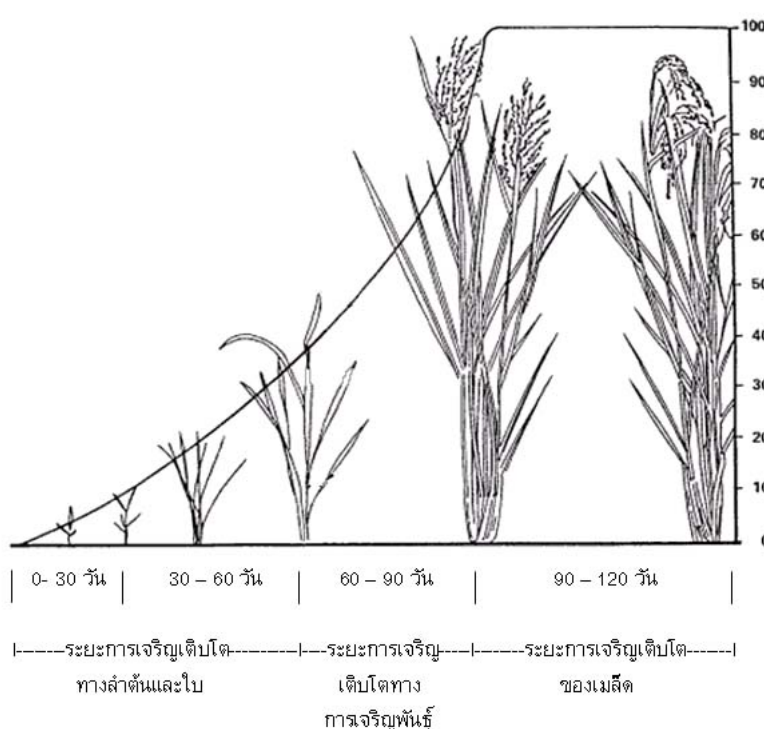
ข้าวจะใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ข้าวเริ่มงอกออกจากเมล็ดจนกระทั่งเมล็ดข้าวแก่จนสามารถเก็บเกี่ยวได้ ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงจะต้องมีการคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมด้วย เช่น น้ำ แสงแดด เป็นต้น โดยพลังงานจากแสงแดดมีความจำเป็นต่อพืชพรรณสีเขียวในขบวนการสังเคราะห์แสงด้วย (ชาญ มงคล. 2536 : 12-13) การเจริญเติบโตของข้าวแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ (ดังแสดงในภาพประกอบ 7) (Vergara. 1991 : 13) ได้แก่

2.2.1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetation Phase)

การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ใช้ระยะเวลาประมาณ 60 วัน โดยเริ่มจากเมล็ดข้าวมีรากแรกเกิดและใบงอกออกมา (ดังแสดงในภาพประกอบ 8) (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 80) โดยในช่วงแรกเกิดข้าวจะมีใบงอกใหม่ทุกๆ 3-4 วัน เมื่อข้าวมีอายุประมาณ 30 วัน (ชาญ มงคล. 2536 : 28) ข้าวจะเริ่มแตกกอ ซึ่งต้นข้าว 1 ต้น สามารถแตกกอได้ประมาณ 2-5 ต้นเท่านั้น ข้าวใช้เวลาในการแตกกอสูงสุด (Maximum Tiller Stage) ประมาณ 30-50 วัน (อัมมาร สยามวาลา; และวิโรจน์ ณ ระนอง. 2533 : 6) ในระยะนี้ข้าวจะเริ่มเกิดการยืดปล้อง โดยอาจยืดปล้องขึ้นมาประมาณ 2-4 เซนติเมตร และสร้างจุดกำเนิดดอกไปพร้อมๆ กัน (ประภา กาหยี. 2542 : 18)

2.2.2 ระยะการเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ (Reproduction Phase)

การเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ ใช้ระยะเวลาประมาณ 25-30 วัน (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534 : 189) โดยระยะนี้เริ่มจากการสร้างช่อดอกและช่อดอกจะมีการพัฒนาตัวเอง โดยเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ (อรรคคุณิ ทศนัสองชั้น. 2526 : 47) จนเริ่มเข้าสู่ระยะตั้งท้อง ซึ่งจะสังเกตได้จากกาบใบธงที่อ้วนและพองขึ้น (ประภา กาหยี. 2542 : 19) เมื่อช่อดอกโผล่จากกาบใบธงแล้ว ดอกข้าวจะเริ่มบานในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.30 น. ถึง 14.00 น. ในช่วงนี้ดอกข้าวจะผสมเกสรและจะเกิดการปฏิสนธิในรังไข่ (อรรคคุณิ ทศนัสองชั้น. 2526 : 48) โดยส่วนใหญ่แล้วระยะเวลาในการเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ของข้าวทุกพันธุ์จะมีระยะเวลาเท่ากัน (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 80)



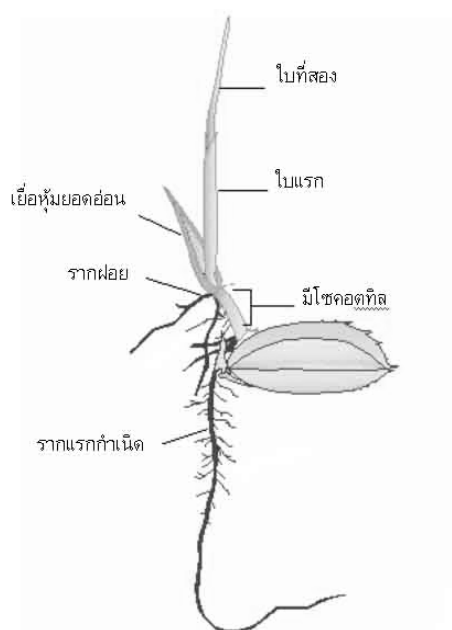
ภาพประกอบ 7 ช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโตของข้าว

ที่มา : ดัดแปลงจาก เดอ แดตตา (De Datta. 1981 : 161)

2.2.3 ระยะการเจริญเติบโตของเมล็ด (Ripening Phase)

ในระยะการเจริญเติบโตของเมล็ดนั้น ข้าวที่ปลูกในเขตร้อนจะใช้เวลาประมาณ 25-30 วัน จึงสามารถเก็บเกี่ยวได้ (ประภา กาหยี. 2542 : 20) โดยระยะแรกรวงข้าวจะมีสีเขียว ซึ่งหากบีบเมล็ดอ่อนดูจะพบว่า มีน้ำสีขาวขุ่นลักษณะคล้ายน้ำมันไหลทะลักออกมา ในระยะต่อมาเมื่อน้ำในเมล็ดข้าวเริ่มแห้งตัว จะสังเกตได้จากปลายรวงข้าวที่โน้มลงสู่พื้นดิน เนื่องจากเมล็ดมี

น้ำหนักมากขึ้น เมื่อข้าวสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้แล้วเมล็ดข้าวจะไม่มีสีเขียว พร้อมๆ กับใบธงจะเริ่มแห้งและเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 80)



ภาพประกอบ 8 ใบแรกและรากงอกออกจากเมล็ด

ที่มา : ดัดแปลงจาก เดอ แดทตา (De Datta. 1981 : 154)

จากที่กล่าวมาในเรื่องของการเจริญเติบโตของข้าวตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ผลผลิต สรุปได้ว่า ในระยะแรกปริมาณใบข้าวยังมีไม่มากและยังโตไม่เต็มที่ มวลชีวภาพจึงมีน้อย จากนั้นเมื่อข้าวเริ่มแตกกอจำนวนต้นข้าวเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้ปริมาณใบจึงเพิ่มมากขึ้นด้วย เป็นผลให้มวลชีวภาพเพิ่มขึ้น เมื่อข้าวแตกกอสูงสุดใบจะเริ่มเติบโตเป็นสีเขียวจนกระทั่งใกล้เก็บเกี่ยวใบจะเริ่มแห้งกลายเป็นสีเหลืองหรือบางใบก็ตาย มวลชีวภาพจะลดลงตามใบ

2.3 ระยะการเจริญเติบโตของข้าวกับการสะท้อนพลังงาน

โดยทั่วไปแล้วมนุษย์จะมองเห็นพืชพรรณธรรมชาติเป็นสีเขียวเนื่องจากในใบพืชสีเขียวจะประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ ซึ่ง สเวนและเดวิส ได้กล่าวไว้ว่า พืชใบเขียวที่มีความสมบูรณ์อยู่จะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ดีที่สุด คือ ความยาวช่วงคลื่นแสงสีเขียว มนุษย์จึงมองเห็นพืชพรรณธรรมชาติเป็นสีเขียว แต่เมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงจะเป็นผลให้เกิดการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงเพิ่มขึ้นทำให้มนุษย์มองเห็นพืชพรรณธรรมชาติเป็นสีเหลือง (Swain; & Davis. 1978 : 233) จากหลักการสะท้อนพลังงานจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณธรรมชาติ เช่น ความสมบูรณ์ของพืชพรรณธรรมชาติ การเกิดโรคของพืชพรรณธรรมชาติ เป็นต้น (Wilkie; & Finn. 1996 : 19) เช่นเดียวกับที่กิบสันและเพอร์เวอร์ ได้กล่าวไว้ว่า พืชพรรณธรรมชาติ

ที่สมบูรณ์จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีปริมาณมากและบริเวณที่มีพืชพรรณธรรมชาติปกคลุมหนาแน่นมีผลให้สะท้อนพลังงานได้ดีในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงไม่ดี หากพืชพรรณที่ใกล้ตายหรือมีใบที่เหี่ยวเฉาแล้วจะมีการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ลดลง และสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงเพิ่มขึ้น (Gibson; & Power. 2000 : 27)

การสะท้อนพลังงานของพืชพรรณธรรมชาติได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) ซึ่งของชิง ยวงยี และบูลิน ได้ศึกษารูปแบบการสะท้อนพลังงานตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกข้าวพบว่า การสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงจะลดลงตั้งแต่เริ่มทำการเพาะปลูกจนถึงในช่วงระยะข้าวเริ่มออกรวง การสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงจะเพิ่มขึ้น (Zhongxing; Yanyi; & Boolin. 2007 : Online) เช่นเดียวกับ มัคเฮอร์จีและสาสตรีย์ ได้ศึกษาการสะท้อนพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงระยะเวลาเพาะปลูก พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณดัชนีพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพ จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกและมีค่าสูงสุดในช่วง 80-90 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก หลังจากนั้นก็จะลดลงเมื่อใบมีสีเหลือง (Mukherjee; & Sastri. 2007 : Online)

3. การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing)

การนำเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติมีมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มานั้นมีความต่อเนื่อง ถูกต้อง และรวดเร็ว ทำให้สามารถติดตามสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลกได้อย่างต่อเนื่อง เช่น การพยากรณ์อากาศ การติดตามความเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรธรรมชาติ ป่าไม้ การใช้ที่ดิน การติดตามข้อมูลเกี่ยวกับการเกษตร เป็นต้น

3.1 ความหมายของการสำรวจข้อมูลระยะไกล

ความหมายของการสำรวจข้อมูลระยะไกล ได้มีผู้ให้คำจำกัดความหรือนิยามความหมายไว้ต่างๆ กัน ดังนี้

แคมป์เบลล์ (Campbell. 2002 : 6) ได้ให้ความหมายของการสำรวจข้อมูลระยะไกลไว้ว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นการกระทำเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นดินและพื้นน้ำ โดยใช้ภาพในมุมมองจากด้านบน และใช้หลักในการสะท้อนหรือดูดซับช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เครเมอร์ (Kramer. 1992 : 200) ได้กล่าวไว้ว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นการวัดหรือการได้มาซึ่งข้อมูลตามคุณสมบัติของวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นๆ ในขณะที่ทำการศึกษา

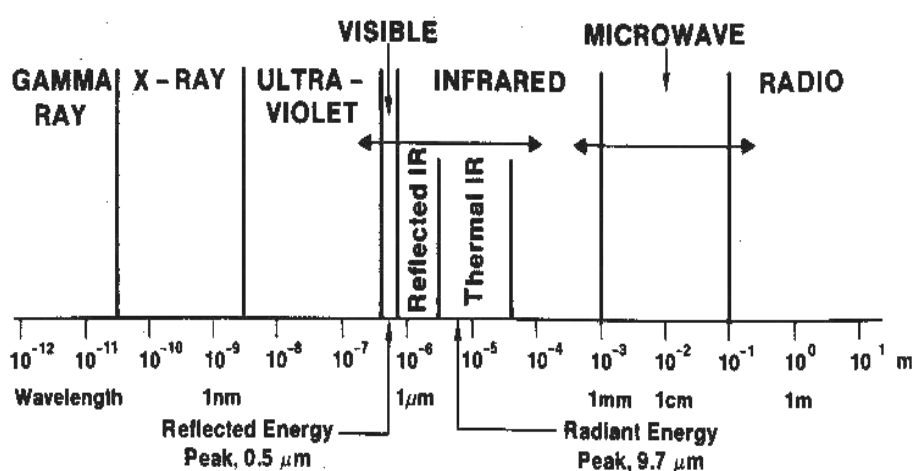
ไลล์เลแซนด์, คีฟเฟอร์, และชิพแมน (Lillesand; Kiefer & Chipman. 2004 : 1) กล่าวว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ ข้อมูลที่มีทั้งศาสตร์และศิลป์เกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาโดยปราศจากการสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์

ซาบินส์ (Sabins. 1997 : 1) กล่าวว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ ศาสตร์ของการได้รับข้อมูล, กระบวนการแปลงข้อมูล และการตีความของข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มาจากอากาศยานทุกชนิด และได้มาจากดาวเทียม ซึ่งจะบันทึกปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า

การให้ความหมายของการสำรวจข้อมูลระยะไกลมีอีกมากมาย แต่สรุปโดยรวมแล้ว การสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นศาสตร์ของการได้รับข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ แต่จะใช้หลักการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุแต่ละชนิด

3.2 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectral)

แสงอาทิตย์เป็นรูปแบบหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแสงอาทิตย์จะถูกสะท้อนกลับโดยวัตถุแล้วจึงทำให้มนุษย์มองเห็นวัตถุเป็นสีที่แตกต่างกันออกไป มนุษย์จึงอาศัยหลักการดังกล่าวนี้มาใช้กับกระบวนการการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Mather. 1999 : 5) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายช่วงคลื่น (ดังแสดงในภาพประกอบ 9) และในแต่ละช่วงคลื่นจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตาราง 1



ภาพประกอบ 9 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : ซาบินส์ (Sabins. 1997 : 4)

ตาราง 1 ช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น	รายละเอียด
รังสีแกมมา (Gamma ray)	น้อยกว่า 0.03 นาโนเมตร	ถูกดูดกลืนทั้งหมดในชั้นบรรยากาศชั้นบน
รังสีเอกซ์ (X – ray)	0.03-3.0 นาโนเมตร	ถูกดูดกลืนทั้งหมดในชั้นบรรยากาศชั้นบน
รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet)	3.0 nm – 400 นาโนเมตร	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 μm ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยโอโซน (O_3) ในบรรยากาศชั้นบน
ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible)	400 - 700 นาโนเมตร	บันทึกได้ด้วยฟิล์มและอุปกรณ์บันทึกภาพ โลกมีการสะท้อนพลังงานสูงสุด คือ 0.5 μm
ช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared)	700 - 300,000 นาโนเมตร	มีการดูดกลืนในบางช่วงคลื่น และส่งผ่านบรรยากาศได้ในบางช่วงคลื่น
อินฟราเรดสะท้อน (Reflected Infrared)	700 - 3,000 นาโนเมตร	สะท้อนพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้ดี ยกเว้นน้ำที่ดูดซับในช่วงคลื่น 0.9 μm
อินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared)	3,000 -15,000 นาโนเมตร	การบันทึกภาพต้องใช้อุปกรณ์บันทึกอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งไม่ใช่ฟิล์มถ่ายภาพทั่วไป
ไมโครเวฟ (Microwave)	0.3-300.0 เซนติเมตร	เป็นช่วงคลื่นที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศได้
เรดาร์ (Radar)	0.8-100.0 เซนติเมตร	เป็นช่วงคลื่นส่วนหนึ่งของช่วงคลื่นไมโครเวฟ

ที่มา : วิลกี ; และ ฟินน์ (Wilkie; & Finn. 1996 : 16)

ซาบินส์ (Sabins. 1997 : 5) กล่าวว่า ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูล คือ ช่วงคลื่นไมโครเวฟ ช่วงคลื่นอินฟราเรด และช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2538 : 3) ที่กล่าวว่า ช่วงคลื่นแสงที่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ 340 – 1,400 นาโนเมตร ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือรับและบันทึกได้หลายอย่าง

3.3 ดาวเทียม LANDSAT

ดาวเทียม LANDSAT เป็นดาวเทียมที่ใช้สำหรับการสำรวจทรัพยากร เช่น ป่าไม้ การเกษตร การใช้ที่ดิน เป็นต้น ดาวเทียม LANDSAT ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ LANDSAT 1 ที่มีอุปกรณ์รับสัญญาณภาพในระบบ RBV (Return Beam Vidicon) และระบบ MSS (Multispectral Scanne) จนถึงปัจจุบัน ได้แก่ LANDSAT 7 ที่มีอุปกรณ์รับสัญญาณภาพในระบบ ETM⁺ (Enhanced Thematic Mapper Plus) โดยในช่วงคลื่นที่ 1-5 และช่วงคลื่นที่ 7 มีคุณสมบัติเหมือนกับระบบ TM (Thematic Mapper) ส่วนในช่วงคลื่นที่ 6 คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) มีรายละเอียดภาพ (Resolution) ขนาด 60 x 60 ตารางเมตร จุดเด่นของดาวเทียม LANDSAT 7 คือ การเพิ่มช่วงคลื่นภาพขาวดำ (Panchromatic Band) มีความยาวช่วงคลื่น 520 - 800 นาโนเมตร รายละเอียดภาพ 15 x 15 ตารางเมตร (Jenson. 2000 : 199, Lillesand; & Kiefer . 1994 : 484) ซึ่งในแต่ละช่วงคลื่นมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 การใช้ประโยชน์ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 7 ระบบ ETM⁺

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น (นาโนเมตร)	การใช้ประโยชน์
1	450 - 520	ใช้สำรวจน้ำบริเวณชายฝั่ง ใช้แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบ ใช้แยกดินออกจากพืช
2	520 - 600	แสดงการสะท้อนพลังงานของพืชที่สมบูรณ์
3	630 - 690	เป็นช่วงคลื่นที่ถูกดูดซับโดยคลอโรฟิลล์ และใช้แยกชนิดของพืช
4	760 - 900	บ่งบอกถึงโครงสร้างเซลล์ของพืช , มวลชีวภาพ และใช้ในการแสดงขอบเขตชายฝั่ง
5	1,550 - 1,750	แสดงปริมาณความชื้นในพืช , แสดงความแตกต่างของหิมะและเมฆ
6	10,400 - 12,500	แสดงความชื้นในดิน แสดงความสัมพันธ์ของความร้อนในพื้นที่ศึกษา
7	2,080 - 2,350	ใช้แยกความแตกต่างของหิน ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ

ที่มา : แคมป์เบลล์ (Campbell. 2002 : 173)

ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล แคมป์เบลล์ (Campbell. 2002 : 169) กล่าวว่า ในการแยกลักษณะภูมิประเทศจากการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นได้ โดยการให้น้ำเงิน สีแดง และสีเขียวในแต่ละช่วงคลื่นตามจุดประสงค์ที่ใช้วิเคราะห์แล้วนำมาผสมสีกัน ซึ่งการผสมสีในแต่ละช่วงคลื่นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังแสดงในตาราง 3 เช่น ในการศึกษาพืชพรรณธรรมชาตินิยมใช้ภาพสีผสมเท็จโดยใช้ช่วงคลื่นที่ 3 ให้น้ำเงิน ช่วงคลื่นที่ 4 ให้สีแดง และช่วงคลื่นที่ 5 ให้สีเขียว ภาพจะแสดงความแตกต่างของความสมบูรณ์และความหนาแน่นของพืชพรรณ (Gibson. 2000 : 140)

ตาราง 3 คุณสมบัติของภาพสีผสมของดาวเทียม LANDSAT TM

ช่วงคลื่น / น้ำเงิน เขียว แดง (BGR)	คุณสมบัติ
1-2-3	ให้สีธรรมชาติ คือ พืชพรรณเป็นสีเขียว ใช้ศึกษาความชุ่มชื้นของตะกอน น้ำตื้น และพื้นที่ชายฝั่ง
3-4-5	พืชพรรณเป็นสีเขียว ให้รายละเอียดความแตกต่างของความชื้นของดิน มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ดินและพืชพรรณ
3-5-4	พืชพรรณสีแดงและส้ม แสดงขอบเขตพื้นดินและน้ำ แยกป่าชายเลน (สีแดง) ออกจากป่าบก (สีส้ม) ให้ลักษณะคลองระบายน้ำ
2-5-4	พืชพรรณสีแดง แยกพื้นที่สวนยางพารา (สีส้มและชมพู) ได้ชัดเจน
7-5-4	พืชพรรณสีแดงให้รายละเอียดความชื้นที่แตกต่างตามลักษณะพื้นที่
1-2-4	พืชพรรณสีแดง ให้รายละเอียดตะกอนชุ่มบริเวณชายฝั่ง

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2536 : 111)

3.4 การจำแนกประเภทข้อมูล

การจำแนกประเภทข้อมูลของภาพจากดาวเทียม คือ การจำแนกโดยใช้จุดภาพ (Pixel) ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นของวัตถุ และจุดภาพในแต่ละช่วงคลื่นก็จะมีค่าแตกต่างกันออกไปด้วย (Campbell. 2002 : 319) โดยค่าตัวเลขของจุดภาพ คือ ค่าดีเอ็น (Digital Number : DN) โดยจะมีค่าแตกต่างกันออกไปตามลักษณะต่างๆ ของภูมิประเทศ และคุณสมบัติการสะท้อนและการดูดซับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุแต่ละชนิด (Lillesand; & Kiefer. 2000 : 532-533) ซึ่งการจำแนกประเภทข้อมูลของภาพจากดาวเทียมมีอยู่ 2 วิธี คือ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล ผู้วิเคราะห์ข้อมูลต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ที่ศึกษา และในการจำแนกประเภทข้อมูลผู้วิเคราะห์จะต้องมีความรู้และความเข้าใจลักษณะของข้อมูลในพื้นที่ ส่วนการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล จะใช้การพิจารณาค่าระดับสีเทา (Grey Level) ของแต่ละจุดภาพที่มีการรวมกลุ่ม (Clustering) และตรวจสอบกับภาคพื้นดินในภายหลัง (Mather. 2000 : 167)

3.5 การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียม

ปัจจุบันข้อมูลภาพจากดาวเทียมถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เนื่องจากคุณสมบัติของภาพจากดาวเทียม เช่น การบันทึกข้อมูลได้เป็นบริเวณกว้าง การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น การให้ภาพสีผสม (False Color Composite) ได้หลายแบบ เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2538 : 23) ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์พื้นที่ป่าไม้ที่ยังคงเหลืออยู่ ศึกษาหาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ การพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตรในแต่ละฤดูการผลิต รวมทั้งการวางแผนที่ใช้ที่ดินซึ่งมีการนำแผนที่ภาพจากดาวเทียมมาใช้ เพราะภาพจากดาวเทียมสามารถแปลความหมายข้อมูลของสิ่งปกคลุมพื้นดินได้มากกว่าหรือเท่ากับการแปลความหมายจากภาพถ่ายทางอากาศ (Campbell. 2002 : 557) และในงานวิจัยบางสาขาก็นำเอาข้อมูลภาพจากดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ เช่น ด้านป่าไม้ งานวางผังเมือง เป็นต้น

3.6 สเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer)

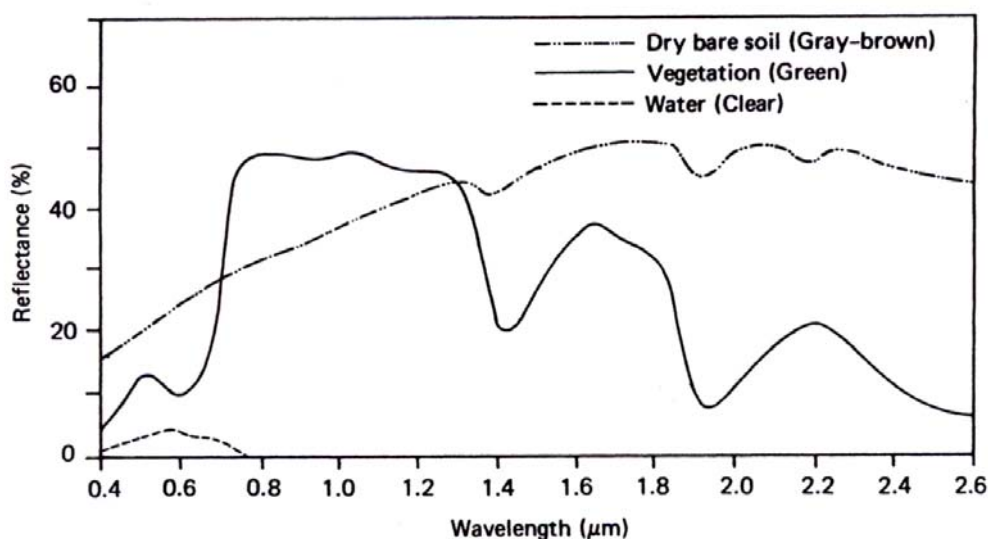
การสำรวจข้อมูลระยะไกลใช้หลักการสะท้อนพลังงานของวัตถุ โดยวัตถุแต่ละชนิดจะสะท้อนพลังงานออกมาในช่วงคลื่นที่ต่างกัน ซึ่งการเก็บข้อมูลการสะท้อนพลังงานของวัตถุนั้น นอกจากภาพจากดาวเทียมแล้วการใช้อุปกรณ์ในการสำรวจข้อมูลภาคสนามเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการสะท้อนพลังงานของวัตถุ โดยเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดปริมาณการสะท้อนพลังงานของวัตถุจะมีคุณสมบัติเหมือนกันหรือคล้ายกันกับอุปกรณ์วัดปริมาณการสะท้อนพลังงานของวัตถุที่อยู่บนเครื่องบินหรือดาวเทียม (Milton; Rollin; & Emery. 1995 : 9) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) วัดปริมาณการสะท้อนพลังงานของวัตถุ โดยวัดความยาวช่วงคลื่น 675

นาโนเมตร และความยาวช่วงคลื่น 750 นาโนเมตร ซึ่งเทียบได้กับภาพจากดาวเทียม LANDSAT TM ในแบนด์ 3 เป็นช่วงคลื่นที่ถูกดูดซับโดยคลอโรฟิลล์และใช้แยกชนิดของพืช แบนด์ 4 ใช้บ่งบอกถึงโครงสร้างเซลล์ของพืชและมวลชีวภาพ

แคมป์เบลล์ (Campbell. 2002 : 367) ได้กล่าวว่า ประโยชน์จากการวัดปริมาณการสะท้อนพลังงานภาคสนาม คือ การนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลที่ได้มาจากภาพจากดาวเทียมหรือภาพถ่ายที่ได้มาจากเครื่องบิน เช่น ในการทำแผนที่การใช้ที่ดิน การสำรวจข้อมูลภาคสนามถือว่าเป็นประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากทำให้ผู้ศึกษาได้ทราบถึงสภาพพื้นที่จริงและลักษณะการใช้ที่ดินหลักๆ ของพื้นที่ศึกษาก่อน หรือสามารถตรวจพบและแก้ไขปัญหาข้อผิดพลาดก่อนทำการพิมพ์แผนที่ ประกอบกับการสำรวจข้อมูลภาคสนามเป็นขั้นตอนที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้ เช่นเดียวกับ ไลส์เลแซนด์; คีฟเฟอร์และชิพแมน (Lillesand; Kiefer & Chipman. 2004 : 27) ได้กล่าวว่า ข้อมูลอ้างอิงของภาพจากดาวเทียม ส่วนใหญ่มาจากการเก็บข้อมูลภาคพื้นดิน (Ground Truth) การเก็บข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์วัดปริมาณการสะท้อนพลังงานที่แปลงหรือสะท้อนออกมาจากพื้นผิววัตถุในแต่ละความยาวช่วงคลื่น ซึ่ง หยางและซู (Yang; & Su. 2000 : Online) ได้นำเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) มาใช้เก็บข้อมูลการสะท้อนพลังงานในแต่ละความยาวช่วงคลื่นของข้าว โดยช่วงคลื่นที่ใช้เป็นช่วงคลื่นที่สามารถนำไปใช้ในการหาค่า NDVI ได้แก่ 674 นาโนเมตร (ช่วงคลื่นแสงสีแดง) และ 754 นาโนเมตร (ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้) จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการสะท้อนพลังงานที่ได้รับมาจากดาวเทียม LANDSAT – MSS, TM และ ดาวเทียม SPOT – HRV เพื่อนำมาศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว และมุกเคอร์จีและสาสตรีย์ (Mukherjee; & Sastri. 2007 : Online) ได้ใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์เก็บการสะท้อนพลังงานของต้นมะเขือเทศตั้งแต่เริ่มการเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับ อ็อพเพิลต์และมิวเซอร์ (Oppelt; & Mauser. 2004 :145) ได้ใช้สเปกโตรมิเตอร์ในการเก็บข้อมูลของข้าวสาลี

4. การสะท้อนพลังงานของพืช

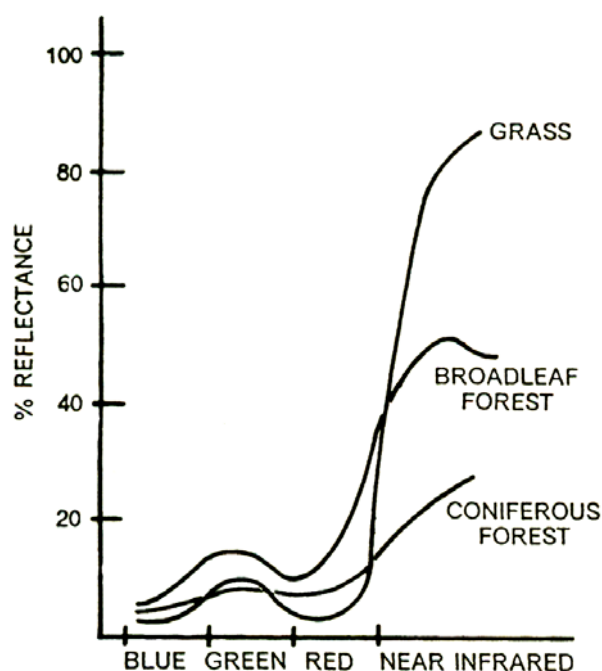
การสำรวจข้อมูลจากระยะไกลได้นำหลักการสะท้อนและดูดซับพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของวัตถุมาประยุกต์ใช้ ซึ่งวัตถุแต่ละชนิดจะมีค่าการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกันออกไป (ดังแสดงในภาพประกอบ 10) โดยพืชพรรณธรรมชาติสะท้อนพลังงานได้ดีในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Wavelengths) (700 – 1,300 นาโนเมตร) และในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้จะสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นแสงสีเขียว (500 – 600 นาโนเมตร) ส่วนการสะท้อนพลังงานของดินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการในดิน เช่น ความชื้นในดิน แร่ธาตุในดิน เป็นต้น และน้ำจะไม่มี การสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2538 : 5-6)



ภาพประกอบ 10 การสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิด

ที่มา : ไลล์แซนด์; คีเฟอร์; และชิพแมน (Lillesand; Kiefer; & Chipman. 2004 : 17)

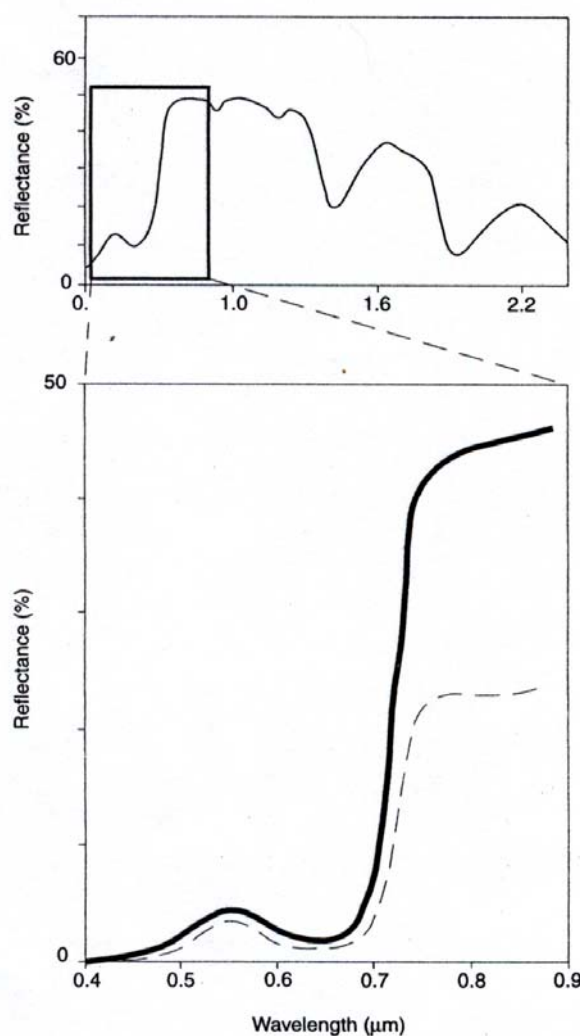
จากคุณสมบัติการสะท้อนและดูดซับพลังงานที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นของพืช จึงได้มีการนำข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกลที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านการเกษตรกรรม เช่น การแยกประเภทพืชที่เพาะปลูก (Crop-type Classification), Precision Farming และการจัดการพืชที่เพาะปลูก (Crop Management in General) (Lillesand; Kiefer; & Chipman. 2004 : 37-38 , 237) โดยทั่วไปแล้วประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานแสงที่ตกกระทบกับพื้นผิวใบ จะถูกสะท้อนออกมาในช่วงคลื่นที่เรามองเห็นได้ คือ ช่วงคลื่นแสงสีเขียว ส่วนในช่วงคลื่นที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ ใบพืชจะสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ออกมามากที่สุด พืชที่มีความอุดมสมบูรณ์หรือไม่นั้นจะสังเกตได้จากการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Gibson. 2000 : 26) ดังนั้นการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของพืชจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะโครงสร้างและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช (ดังแสดงในภาพประกอบ 11) (Gibson; & Power. 2000 : 112) ซึ่ง บาร์เรตต์และเคอร์ทิส (Barrett; & Curtis. 1992 : 305) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการสะท้อนพลังงานของพืช คือ ลักษณะโครงสร้างของพืช (Plant Structure)



ภาพประกอบ 11 ปริมาณการสะท้อนพลังงานของพืชที่ต่างชนิดกัน

ที่มา : แคมป์เบลล์ (Campbell. 2002 : 462)

การนำเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลมาประยุกต์ใช้ด้านพืชนั้น ได้นำความแตกต่างของการสะท้อนและการดูดซับพลังงานของพืชซึ่งมีจุดเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่ขอบเขตความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงที่มีการสะท้อนพลังงานต่ำกับความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่มีการสะท้อนพลังงานสูง คือ ในความยาวช่วงคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร (ดังแสดงในภาพประกอบ 12) (Gibson. 2000 : 25) มาใช้ในการหาอัตราส่วน (Band Ratio) ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งอัตราส่วนวัดได้จากความแตกต่างในการสะท้อนพลังงานของสองความยาวช่วงคลื่น โดยอัตราส่วนของความยาวช่วงคลื่นที่ใช้ คือ ความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงกับความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ หรืออาจเรียกว่า ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices) (Gibson; & Power. 2000 : 115)



ภาพประกอบ 12 ความแตกต่างการสะท้อนพลังงานของพืชสีเขียว

ที่มา : กิบสัน (Gibson. 2000 : 27)

4.1 ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices)

ดัชนีพืชพรรณ คือ สูตรที่ถูกสร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของความแตกต่างระหว่างช่วงคลื่นแสงสีแดงกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ซึ่งวัดออกมาได้ในเชิงปริมาณ (Gibson; & Power. 2000 : 115)

ดัชนีพืชพรรณ คือ ค่าตัวเลขที่ใช้ในการทำนายหรือประเมินคุณลักษณะของพืช เช่น พื้นที่ใบ, มวลชีวภาพ, ความสมบูรณ์ของพืชและความหนาแน่นของพืช (American Meteorological Society. 2007 : Online)

ดัชนีพืชพรรณ คือ การสร้างแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการสังเกตพืชพรรณธรรมชาติ (Chen Elvidge; & Groeneveld. 1999 : 181)

ดัชนีพืชพรรณ คือ การวิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นที่ต่างกันโดยให้เหลือเพียงค่าเดียวเพื่อใช้สำหรับการทำนายและการประเมินคุณลักษณะของพืช เช่น พื้นที่ใบ, มวลชีวภาพและความหนาแน่นของพืช (Glossary of Remote Sensing. 2007 : Online)

โดยสรุปแล้ว ดัชนีพืชพรรณ คือ ค่าตัวเลขที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงกับค่าการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ เพื่อใช้ในการทำนายและการประเมินคุณลักษณะของพืช ซึ่งดัชนีพืชพรรณสามารถนำไปใช้ในการหาความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพและความสมบูรณ์ของพืช (Campbell. 2002 : 465) และดัชนีพืชพรรณยังมีความสัมพันธ์กันสูงกับดัชนีพื้นที่ใบด้วย (Baret.1995 : 38) ดัชนีพืชพรรณหาได้จากการประยุกต์ใช้ภาพจากดาวเทียม เช่น การพยากรณ์ผลผลิตข้าวสาลี ซึ่งนำค่า NDVI ที่ได้จากดาวเทียม IKONOS มาสร้างสมการโดยเปรียบเทียบกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ เป็นต้น (Enclona; & et al. 2004 : 377) หรืออาจจะได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคพื้นดิน เช่น การศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโดยใช้ลักษณะการสะท้อนพลังงานโดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ เก็บพลังงานการสะท้อนของพืชพรรณในช่วงคลื่นแสงสีแดง คือ 675 นาโนเมตร และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ คือ 754 นาโนเมตร (Yang; & Su. 2007 : Online) เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้การเก็บข้อมูลภาคพื้นดินโดยใช้ข้อมูลการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง คือ 675 นาโนเมตร และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ คือ 750 นาโนเมตร ซึ่งดัชนีพืชพรรณสามารถหาได้หลายสูตร ดังนี้

4.1.1 RVI (Ratio Vegetation Index)

RVI เป็นดัชนีพืชพรรณอย่างง่ายที่คิดค้นโดย จอร์แดน (Ray. 1994 : Online ; citing Jordan. 1969. Ecology. Vol 50 : 663-666) การคำนวณหาดัชนีพืชพรรณ คือ การหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานในแต่ละความยาวช่วงคลื่น และตัดผลกระทบจากแสงสะท้อนจากวัตถุอื่นๆ ออกไป ค่า RVI ที่คำนวณได้อยู่ในช่วง 0 จนกระทั่งไม่มีที่สิ้นสุด (Chen; Elvidge; & Groeneveld. 1999 : 182) โดยค่า RVI ที่ได้มีค่าน้อยกว่าหรือใกล้เคียง 1 แสดงว่าในบริเวณนั้นเป็นพื้นดิน และค่า RVI ที่ได้มีค่ามากกว่า 20 แสดงว่าในบริเวณนั้นมีพืชหนาแน่น (U.S. Water Conservation Laboratory. 2004 : Online) ซึ่งค่า RVI มีสูตรดังนี้

$$RVI = \frac{NIR}{red}$$

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ค่า RVI วิษณุ ดำรงสัจศิริ (2544 : 125-127) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในสมการเส้นตรงและสมการกึ่งล็อก (Semi-log) เพื่อหาค่า LAI และมวลชีวภาพของป่าเต็งรัง, ป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้ง ส่วน ชิงห์ และคณะ (Singh; & et al. 2002 : 49-56) ได้ศึกษา เรื่อง การประมาณผลผลิตพืชในบริเวณพื้นที่เล็กๆ ได้นำผลผลิตที่ได้จากค่า RVI มาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่วัดได้ตามปกติ นั้น มีค่าประสิทธิภาพของความสัมพันธ์เท่ากับ 1.25

4.1.2 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI เป็นดัชนีที่คิดค้นขึ้นโดย รูส และคณะ (Rouse ;& et al) (Jensen. 2000 : 361) NDVI เป็นตัวบ่งบอกที่เป็นตัวเลขใช้เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากวิธีการสำรวจข้อมูลระยะไกลและจุดมุ่งหมายในการประเมินพืชพรรณสีเขียว (Wikipedia. 2006 : Online) หรืออาจกล่าวได้ว่า NDVI เป็นดัชนีที่ได้จากการคำนวณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชพรรณ (Natural Resources Canada. 2006 : Online) เช่นเดียวกับ กีบสันและเพาเวอร์ กล่าวว่า NDVI เป็นดัชนีที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการศึกษาด้านพืช เป็นดัชนีที่ใช้เพื่อชี้วัดหรือบ่งบอกเกี่ยวกับการเจริญเติบโตพืช ชนิดของพืช และสิ่งแวดล้อมรอบข้างพืช และผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 (Gibson; & Power. 2000 : 118 ; citing Kriegler ; et al. 1969. Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of Environment. 97-131) ค่า NDVI ที่มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าในบริเวณนั้นมีพืชปกคลุมน้อยหรืออาจจะเป็นพื้นดิน และค่า NDVI ที่มีค่าเข้าใกล้ +1 แสดงว่าบริเวณนั้นมีพืชปกคลุมอยู่หนาแน่นหรืออาจเป็นป่าไม้ (Steven; & Jaggard. 1995 : 143) เช่นเดียวกับ ซาบินส์ (Sabins. 1997 : 405) กล่าวว่า ค่า NDVI ที่มีค่ามากแสดงว่าบริเวณนั้นมีพืชหนาแน่น ค่า NDVI ที่มีค่าน้อยแสดงว่าบริเวณนั้นมีพืชเบาบาง โดยการหาค่า NDVI มีสูตรดังนี้

$$NDVI = (NIR - red) / (NIR + red)$$

การประยุกต์ค่า NDVI มาใช้กับการศึกษามีมากมายหลายด้าน โดย การศึกษาด้านการเกษตรกรรม เฮร์ยานโต (Heryanto. 2001 : 34) ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่า NDVI ของข้าว พบว่า ค่า NDVI จะมีค่าติดลบในระยะแรกและเริ่มเป็นบวกประมาณวันที่ 20 หลังจากการเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งถึงช่วงข้าวออกรวง ค่า NDVI จึงเริ่มลดลง โดยค่า NDVI สูงสุด เท่ากับ 0.53 ลาบาซ; และคณะ (Labus; & et al. 2002 : 4169-4180) ได้นำค่า NDVI มาประยุกต์ใช้ในการหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวสาลี โดยที่ค่า NDVI มีค่าแปรผันตามกับผลผลิตข้าวสาลี ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่ได้ มีค่าประมาณ 0.7 วิษณุ ดำรงสัจจิตรี (2544 : 127-128) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการสมการเส้นตรงและสมการกึ่งลอกเพื่อหาค่า LAI และมวลชีวภาพของป่าดิบเขา เมทเทอร์นิชท์ (Metternicht. 2003 : 2855) ได้ประยุกต์ใช้ค่า NDVI แสดงพืชพรรณที่ตายแล้ว

4.1.3 IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)

IPVI เป็นดัชนีที่คิดค้นโดย คริปเพน (Crippen) เป็นดัชนีที่ใช้ในการหาค่าร้อยละของการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของพืช ซึ่งสูตรนี้ได้หักการลบออกของช่วงคลื่นแสงสีแดงในการหาค่า NDVI ออก เนื่องจากในบางครั้งผลลัพธ์ของค่า NDVI จะมีค่าปรากฏออกมาเป็นค่าลบ โดยผลลัพธ์ของ IPVI ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง +1 โดยบริเวณที่มีพืชน้อยมีค่าเข้าใกล้ 0 บริเวณที่มีพืชหนาแน่นมีค่าเข้าใกล้ +1 (Ray. 1994 : Online ; citing Crippen. 1990. Remote Sensing of Environment. Vol.34. 71-73) มีสูตรดังนี้

$$IPVI = NIR / (NIR + red)$$

อภิรักษ์ ชันธิราช (2545.) ได้นำค่า IPVI มาประยุกต์ใช้หาความสัมพันธ์กับค่า LAI และมวลชีวภาพป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน - ห้วยสำราญ จังหวัดสุรินทร์ โดยค่าความสัมพันธ์ในรูปเส้นตรงของ LAI กับ IPVI เท่ากับ 0.530

4.1.4 SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

SAVI เป็นดัชนีที่คิดค้นขึ้นโดย ไคว์ และคณะ (Qi. & et al ; citing Jensen. 2000 : 365) SAVI เป็นดัชนีพืชพรรณที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการวัดพลังงานการสะท้อนช่วงคลื่น ซึ่งบริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีผลกระทบจากการสะท้อนช่วงคลื่นของพื้นดินด้วย ค่า SAVI ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 บริเวณที่มีพื้นดินมากกว่าพืชค่าจะเข้าใกล้ -1 บริเวณที่มีพืชปกคลุมพื้นดินหนาแน่นค่าจะเข้าใกล้ +1 โดยทั่วไปมีสูตรดังนี้ (Xiao; et al. 2002 : 3601)

$$SAVI = \frac{(1+L) \times (NIR - Red)}{NIR + Red + L} ; L = 0.5$$

ออพเพลท์และมิวเซอร์ (Oppelt; & Mauser. 2004 : 145-159) ได้ประยุกต์ใช้ค่า SAVI ในการศึกษาคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนของข้าวสาลี โดยค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพัทธ์ระหว่างค่า SAVI กับปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.82-0.92

4.2 การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณ

ในการประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณนั้นมีหลายทาง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นลักษณะทางชีวภาพของพืช อาทิเช่น การวิเคราะห์พื้นที่ ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index) มวลชีวภาพ (Biomass) และผลิตภาพพืช (Crop Productivity) (Gibson; & Power. 2000 : 119) ซึ่งแคมป์เบลล์ (Campbell. 2002 : 467-468) กล่าวว่า ดัชนีพืชพรรณกับลักษณะทางชีววิทยาของพืชมีความสัมพันธ์กันอย่างมาก จากการทดสอบการเจริญเติบโตของพืชตลอดฤดูเพาะปลูกเปรียบเทียบกับดัชนีพืชพรรณพบว่าเมื่อพืชเจริญเติบโตขึ้นดัชนีพืชพรรณจะเพิ่มขึ้นด้วย

บาร์เรตต์และเคอร์ทิส (Barrett; & Curtis) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.69 ไมโครเมตร (Red) และความยาวช่วงคลื่น 0.76-0.90 ไมโครเมตร (Near Infrared) มีหลายวิธีการที่สามารถนำไปวัดดัชนีพื้นที่ใบได้ และยังสามารถนำไปใช้ในการประมาณมวลชีวภาพได้อีกด้วย (Barrett & Curtis. 1992 : 309) โดยในพืชพรรณธรรมชาติการสะท้อนและการดูดซับพลังงานของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) จะมีความแตกต่างกันอย่างมากในความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.69 ไมโครเมตร และความยาวช่วงคลื่น 0.76-0.90 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาดัชนีพืชพรรณได้ (Chen; Elvidge & Groeneveld. 1999 : 181) โดยดัชนีพืชพรรณสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างความอุดมสมบูรณ์และกิจกรรมของพืชสีเขียว รวมทั้งสามารถใช้เปรียบเทียบกับดัชนีพื้นที่ใบ การปกคลุมของพืชสีเขียว (Percentage Green Cover) มวลชีวภาพ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช เป็นต้น (Jensen. 2000 : 361) โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้นำดัชนีพืชพรรณมาประยุกต์ใช้ในเรื่องต่อไปนี้

4.3 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index)

ดัชนีพื้นที่ใบ คือ พื้นที่ผิวสีเขียวของใบต่อหน่วยของพื้นที่ผิวดิน ซึ่งเป็นตัวแปรทางชีววิทยาที่สำคัญ เนื่องจากเป็นพื้นที่รับแสงจากดวงอาทิตย์และถูกนำมาใช้ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Jensen. 2000 : 345) โดยค่าดัชนีพื้นที่ใบเป็นปัจจัยสำคัญในการวัดการเจริญเติบโตของพืชและความสมบูรณ์ของพืช (Gibson; & Power. 2000 : 119) เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในด้านเกษตรกรรมแล้วพบว่า การสะท้อนพลังงานของพื้นที่เพาะปลูกจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเจริญเติบโตของพืช (Lillesand; Kiefer; & Chipman. 2004 : 237) และขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของใบพืชด้วย (Verbyla. 1995 : 48) ซึ่ง จูทามาต พร้อมมูล (2531 : 45) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสะท้อนพลังงานของถั่วกับดัชนีพื้นที่ใบพบว่า ดัชนีพื้นที่ใบมากจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณไปในด้านบวก และดัชนีพื้นที่ใบยังมีความสัมพันธ์ไปในทางบวกกับปริมาณผลผลิตที่ได้อีกด้วย (Counce; Gealy; & Sung. 2003 : 133) โดยสูตรการคำนวณดัชนีพื้นที่ใบ (Yoshida. 1981 : 22) มีดังนี้

$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)} = \frac{\text{ผลรวมพื้นที่ใบทั้งหมด (ตารางหน่วย)}}{\text{พื้นที่ตัวอย่าง (ตารางหน่วย)}}$$

4.4 มวลชีวภาพ (Biomass)

มวลชีวภาพ หมายถึง น้ำหนักแห้งของอินทรีย์วัตถุในระบบนิเวศวิทยา โดยคิดเป็นน้ำหนักแห้งของอินทรีย์วัตถุต่อหน่วยพื้นที่ (Teresa Audesirk; Gerald Audesirk; & Byers. 2002 : 837) เช่นเดียวกับ วิลลิส (Willis. 1973 : 208) ได้กล่าวไว้ว่า มวลชีวภาพ หมายถึง ปริมาณพืชและสัตว์ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะวัดปริมาณเป็นน้ำหนักแห้ง โดยดัชนีพืชพรรณถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพในหลายๆ ดัชนีพืชพรรณ ปรากฏว่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพ (Gibson; & Power. 2000 : 120) และมวลชีวภาพกับดัชนีพื้นที่ใบมี

ความสัมพันธ์กันสูง ซึ่งเมื่อเราทราบค่าโดยประมาณของพื้นที่ใบแล้วยังสามารถประมาณค่าของมวลชีวภาพได้อีกด้วย (Berrett; & Curtis. 1992 : 309) ซึ่งการคำนวณมวลชีวภาพ (จุฬามาศ พร้อมมูล. 2531 : 30) มีสูตรดังนี้

$$\text{มวลชีวภาพ (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักของใบแห้ง (กรัม)}}{\text{พื้นที่ตัวอย่าง (ตารางเมตร)}}$$

4.5 การประมาณผลผลิตต่อไร่ (Estimation of Yield)

ผลผลิตต่อไร่ (Yield) หมายถึง ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ต่อหน่วยพื้นที่ (BIOTOL; Open Universiteit; & University of Greenwich. 1994 : 2) ในการศึกษาครั้งนี้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ ในด้านการศึกษาด้านเกษตรกรรมมีการประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณมาใช้ในการประมาณผลผลิต โดย สตีเวนและแจ็กการ์ด (Steven; & Jaggard. 1995 : 143) ได้กล่าวว่า การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณสำหรับการเกษตรกรรมมี 3 ประเภท ได้แก่ การทำแผนที่การเพาะปลูกและจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน , ตรวจสอบผลผลิตที่ได้ , และจำแนกปัญหาหรือลำดับปัญหาเพื่อแก้ไขตามลำดับของพืช ซึ่งข้อมูลที่น่ามาประยุกต์ใช้ในด้านเกษตร โดยให้หลักการการสะท้อนพลังงาน เพื่อนำมาใช้ในการทำนายความสัมพันธ์กับผลผลิต เช่นเดียวกับ ไดจ์ค (Dijk. 1993 : 341-358) ที่ได้นำดัชนีพืชพรรณที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับผลผลิต ผลการศึกษาที่ได้ คือ ดัชนีพืชพรรณสามารถนำมาใช้ได้ดีในการทำนายผลผลิตของถั่วเหลือง และยังได้มีการประยุกต์ค่าดัชนีพืชพรรณมาใช้กับข้าว โดยความสัมพันธ์ของค่า NDVI และ ค่า RVI มีความสัมพันธ์ไปในทางบวกกับปริมาณผลผลิตที่ได้ (Seenii Hohd; Ahmad; & Abdullah. 1994 : Online) โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.55

ในการประยุกต์ใช้การสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิด การศึกษาด้านเกษตรกรรมมีการสร้างสมการในการดูแลตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช และทำนายผลผลิตของพืช ซึ่งค่าตัวแปรที่ใช้ ได้แก่ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ และค่าการสะท้อนพลังงาน เพื่อใช้ในการสร้างสมการ (Inoue; Moran; & Horie. 1997 : 743-750) ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำสมการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Correlation Coefficients of Pearson) มาใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา มีสูตรดังนี้

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

เมื่อ r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

n = จำนวนตัวอย่าง

X = ตัวแปรต้น

Y = ตัวแปรตาม

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าบวกจะมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าลบจะมีความสัมพันธ์ไปในทางกลับกัน (ยุทธพงษ์ กัยวรรณ. 2543 : 161) โดยความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีดังนี้

0.80 – 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.60 – 0.79	มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง
0.40 – 0.59	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
0.20 – 0.39	มีความสัมพันธ์กันน้อย
0.00 – 0.19	มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

จากนั้นจึงนำค่าตัวแปรที่ศึกษาได้มาใช้ในการสร้างสมการคาดคะเนผลผลิตโดยใช้สมการถดถอยที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สูงสุด มีสูตรดังนี้

$$Y = AX + B$$

หรือ

$$Y = A \ln(X) + B$$

หรือ

$$Y = AX^2 + BX + C$$

$$\begin{array}{lll} \text{เมื่อ } X & = & \text{ตัวแปรต้น} \\ Y & = & \text{ตัวแปรตาม} \end{array}$$

5. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เป็นเครื่องมือที่นำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา จะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ

5.1 ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้มีผู้ให้คำจำกัดความหรือนิยามความหมายไว้ต่างๆ กัน ดังนี้

ชาว (Chang. 2002 : 2) ได้กล่าวไว้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่บันทึก จัดเก็บ สอบถาม วิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์

เบอร์โรห์และแมคดอนเนลล์ (Burrough; & McDonnell. 1998 : 11) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อรวบรวม จัดเก็บ นำสารสนเทศนั้นกลับมาใช้ได้ และถ้าต้องการก็ยังสามารถแปลงระบบการจัดเก็บ รวมทั้งสามารถแสดงสารสนเทศเชิงพื้นที่ตามลักษณะที่ต้องการได้

วรเดช จันทรศรและสมบัติ อยู่เมือง (2545 : 17) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ และความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้

โดยสรุปแล้ว ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดการในสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมสารสนเทศที่ต้องการ เพื่อทำการแปลงเข้าจัดเก็บในระบบ การปรับปรุง การจัดการ การวิเคราะห์ และในการแสดงสารสนเทศภูมิศาสตร์เหล่านั้นมีรูปแบบการอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ตามต้องการ

5.2 ประโยชน์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในงานหลากหลายสาขา ไม่ว่าจะเป็นงานด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การวางแผนงานของรัฐบาล การเกษตรกรรม และงานด้านแผนที่ เป็นต้น (Dangermond. 1992 : 14) ซึ่งแผนที่สามารถแสดงลักษณะทางด้านภูมิศาสตร์ได้ทั้งแบบจุด (Points) เช่น สิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น แบบเส้น (Lines) เช่น ถนน แม่น้ำ เป็นต้น และแบบเป็นพื้นที่ (Areas) เช่น ชุมชน เขตการปกครอง เป็นต้น โดยบนแผนที่จะมีสัญลักษณ์ที่ทำให้ผู้อ่านแผนที่สามารถตีความจากความสัมพันธ์ต่างๆ บนแผนที่ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว (Bantilan & Prasad. 1997 : 23)

6. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลระยะไกลได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาและวิจัยหลากหลายด้านมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นด้านสิ่งแวดล้อม ด้านป่าไม้ ด้านเกษตรกรรม เป็นต้น ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มีงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมากมาย เช่น

ราชapakse; Tripathi; & Honda. 2002 : 3569-3577) ศึกษาแบบความสัมพันธ์ของคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นกับดัชนีพื้นที่ใบของต้นชา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลดัชนีพื้นที่ใบและค่าการสะท้อนพลังงานจะเก็บได้จากเครื่องวัดค่าสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่น คือ Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้วัดค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นภาคสนาม จากนั้นนำมาหาดัชนีพืชพรรณ คือ ค่า NDVI ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ คือ คุณสมบัติการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นจะขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของใบชา และความสัมพันธ์ระหว่างการวัดค่าดัชนีพื้นที่ใบจากภาคสนามกับค่า NDVI มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อค่าดัชนีพื้นที่ใบมีน้อย ค่า NDVI จะมีน้อยตามไปด้วย

จุฑามาศ พร้อมมูล (2531.) ทำการศึกษา เรื่อง การเจริญเติบโตของพืชด้วยวิธีการไม่ทำลายตัวอย่าง โดยการวัดการสะท้อนรังสีแสง ได้ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืช ดัชนีพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพ ของต้นถั่วเขียวและถั่วเหลือง โดยนำมาหาความสัมพันธ์ กับดัชนีพืชพรรณ (VI) ได้แก่ NDVI ที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนรังสีแสงในรูปของอัตราส่วน (Spectral Ratio Meter) ผลการศึกษาที่ได้ คือ ค่า NDVI สามารถติดตามการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช มวลชีวภาพและโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ ดัชนีพื้นที่ใบ

เฮอริยานโต (Heryanto. 2001.) ศึกษาเรื่อง การประมาณผลผลิตข้าวโดยใช้เทคโนโลยีด้านการสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พื้นที่ศึกษา คือ เกาะขวา ประเทศอินโดนีเซีย ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT TM ดาวเทียม SPOT XS ดาวเทียม JERS-1 SAR และดาวเทียม ERS-1 SAR ซึ่งในการศึกษาด้านการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณ ดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ ค่า NDVI มาใช้ในการประมาณค่าผลผลิตข้าว โดยผลการศึกษาค่าความสัมพันธ์ของ NDVI กับผลผลิตข้าว ดาวเทียม LANDSAT TM เท่ากับ 0.92 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.20 ดาวเทียม SPOT XS มีค่าความสัมพันธ์ เท่ากับ 0.70 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.22 ส่วนในดาวเทียมระบบเรดาร์ คือ ดาวเทียม JERS-1 SAR ค่าความสัมพันธ์ เท่ากับ 0.73 และดาวเทียม ERS-1 SAR ค่าความสัมพันธ์ เท่ากับ 0.61 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.147

ลาบาสและคณะ (Labas; & et al. 2002 : 4169-4180) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การใช้ภาพจากดาวเทียมในหลายๆ ช่วงระยะเวลาประมาณค่าผลผลิตข้าวสาลี โดยการศึกษาครั้งนี้มีการศึกษาด้านความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตของข้าวสาลี ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลจากเครื่องมือรับสัญญาณภาพ (Sensor) ในระบบ Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) และดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์ คือ NDVI และผล

การศึกษานั้น ค่า NDVI สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าผลผลิตของข้าวสาลีได้ดี เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ เฮร์ยานโต (Heryanto. 2001.)

เสี่ยวและคณะ (Xiao; & et al. 2002 : 3595-3604) ศึกษาในเรื่องความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างการวัดค่าดัชนีพื้นที่ใบภาคสนามกับดัชนีพืชพรรณจากภาพจากดาวเทียม ระบบรับสัญญาณภาพ VEGETATION สำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าว พื้นที่ศึกษา คือ เมืองเจียงซู สาธารณรัฐสังคมนิยมประชาชนจีน การเก็บข้อมูลภาคสนามประกอบด้วย ดัชนีพื้นที่ใบ ความสูงของข้าว และมวลชีวภาพ ส่วนดัชนีพืชพรรณที่ใช้ในการศึกษา คือ ค่า NDVI ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ คือ ค่า NDVI ในช่วงเวลาระยะหว่านและจะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะแตกกอ ส่วนในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ คือ ระยะเวลาที่มีการเพิ่มขึ้นของความสูง การแตกหน่อเพิ่มขึ้น และการพัฒนาของใบ จะมีความสัมพันธ์การอย่างมากระหว่างดัชนีพื้นที่ใบ กับค่า NDVI

แซนนี่เยร์ เทเลอร์ และเพลสซิส (Sannier; Tatlor; & Plessis. 2002 : 71-89) ทำการศึกษาเรื่อง การตรวจสอบมวลชีวภาพของพืชเพื่อการประเมินค่าความเสี่ยงจากอัคคีภัยในวนอุทยานเอทอชา (Etosha National Park) ประเทศนามิเบีย โดยใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์รับสัญญาณภาพระบบ AVHRR จากดาวเทียม NOAA และมีการเก็บข้อมูลมวลชีวภาพภาคสนามในเวลาเดียวกับข้อมูลที่ได้รับจากภาพจากดาวเทียมเพื่อใช้ในการสร้างสมการเปรียบเทียบระหว่างค่า NDVI และมวลชีวภาพ พบว่า มวลชีวภาพกับค่า NDVI มีความสัมพันธ์กันสูงในบริเวณที่มีพืชปกคลุมชนิดเดียวกัน หากมีพืชชนิดอื่นรวมอยู่ด้วย สมการถดถอยที่ได้ก็จะแตกต่างกันออกไป แต่ผลสรุปโดยรวมแล้วปรากฏว่า ภาพจากดาวเทียม NOAA สามารถนำมาใช้ในการจัดการป้องกันอัคคีภัยได้ และข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นพื้นฐานในการตรวจสอบมวลชีวภาพในระดับท้องถิ่นได้

เดอ จอง เปเบสมาและลาคาเซ่ (De Jong; Pebesma; & Lacaze. 2003 : 1505-1520) ศึกษา เรื่อง การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลจากระบบรับสัญญาณภาพ Digital Airborne Imaging Spectrometry (DAIS) พบว่า มวลชีวภาพจากการเก็บข้อมูลภาคสนามมีความสัมพันธ์กับดัชนีพืชพรรณแบบปานกลาง ซึ่งการทำนายมวลชีวภาพสามารถใช้ความยาวช่วงคลื่นในการทำนายได้ 5 ความยาวช่วงคลื่น ได้แก่ ความยาวช่วงคลื่น 636 นาโนเมตร 895 นาโนเมตร 1004 นาโนเมตร 1563 นาโนเมตร และ 2199 นาโนเมตร

ซิงห์และคณะ (Singh; & et al. 2002 : 49-56) ศึกษา เรื่อง การประมาณผลผลิตพืชในบริเวณพื้นที่เล็กๆโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม IRS-1B ระบบรับสัญญาณภาพ LISS-II พบว่า ข้าวสาลีในช่วงระยะเวลาออกดอกกับดัชนีพืชพรรณ (NDVI และ RVI) มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตสูง

อภิชาติ พงษ์ศรีหตุลชัย และคณะ (2539 : ภาคผนวก จ) ศึกษา เรื่อง การติดตามการเพาะปลูกข้าว โดยใช้ข้อมูลจากระบบรับสัญญาณภาพ SAR จากดาวเทียม ERS-1 ในจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า การสะท้อนพลังงานของข้าวจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาระหว่างการเจริญเติบโตจนกระทั่งถึงจุดสูงสุดในระยะข้าวสุก หลังจากนั้นจะลดลงเล็กน้อย ซึ่งมีความสัมพันธ์กันสูงกับความ

สูงเฉลี่ยของต้นข้าวและผลผลิตของข้าว และสามารถนำการสะท้อนพลังงานของข้าวมาใช้ในการทำแผนที่เพาะปลูกข้าวได้อีกด้วย

อิโนอุเอะ โมราน และโฮริเอะ (Inoue; Moran; & Horie. 1997 : 743-750) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ทำการเพาะปลูก ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวโดยวัดได้จากอุปกรณ์วัดการสะท้อนพลังงานแบบมือถือ (Handheld Radiometer) พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าว มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน จึงสามารถนำไปสร้างเป็นสมการเพื่อใช้ในการทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1.1 แผนที่ภูมิประเทศบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7017 ระวาง 5037 IV

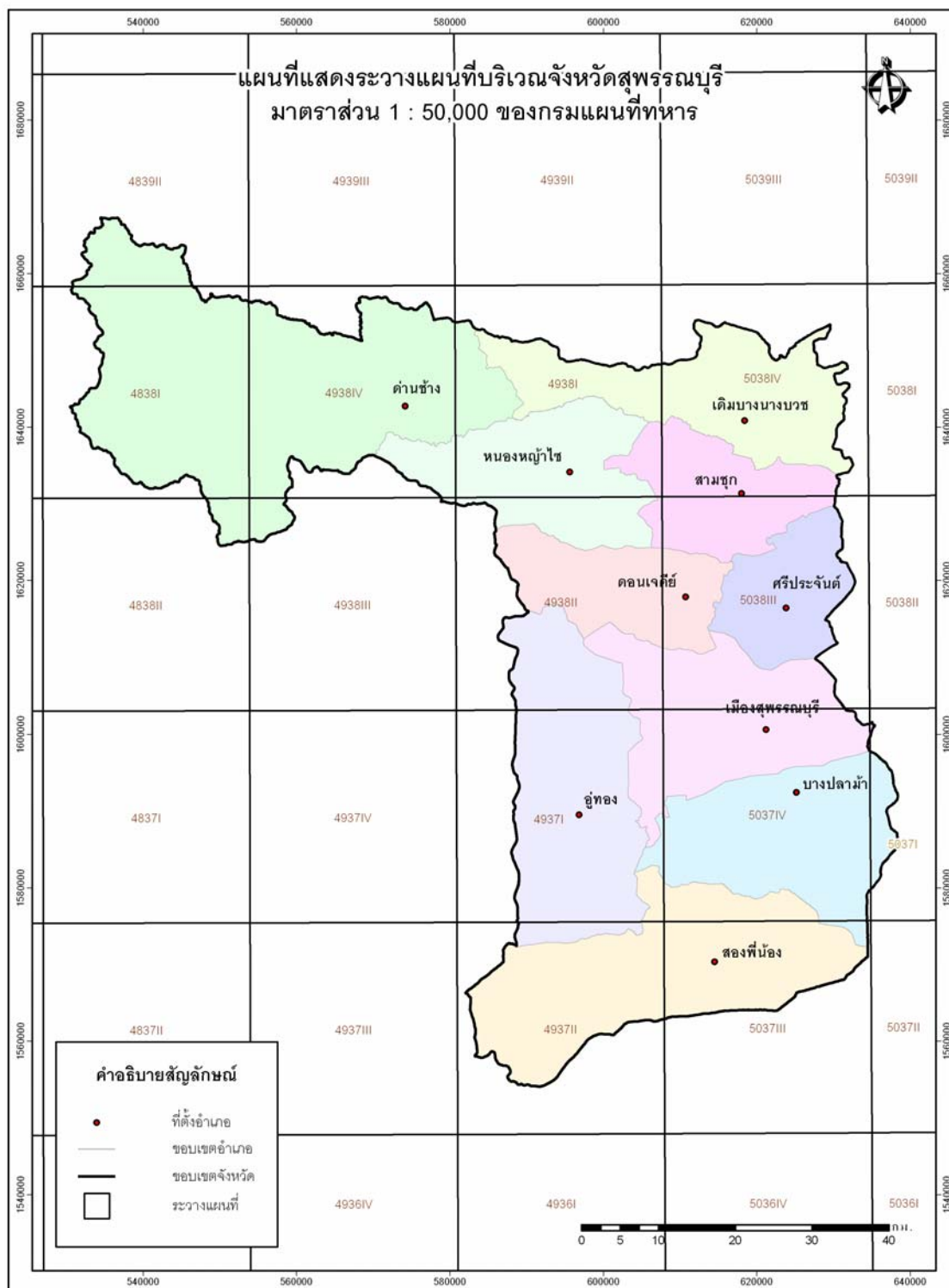
1.2 ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ Path 129 Row 50 และ Path 130 Row 50 ปี พ.ศ. 2548 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

1.3 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 15,000 ถ่ายเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ.2541

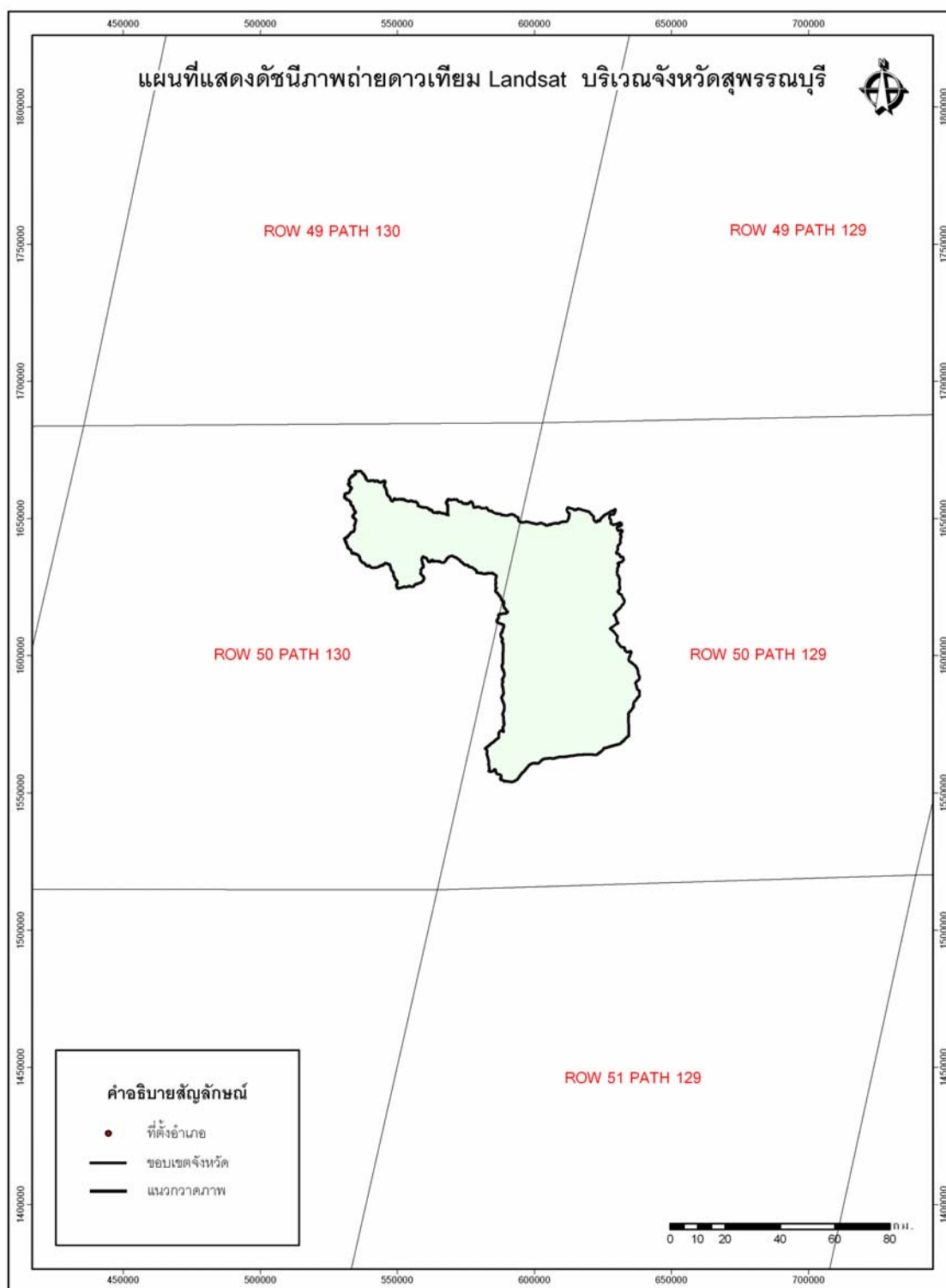
1.4 ข้อมูลเชิงตัวเลข เช่น ขอบเขตการปกครอง พื้นที่ชลประทาน เป็นต้น ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม มาตราส่วน 1 : 50,000

1.5 ข้อมูลอื่นๆ

- วันเริ่มฤดูการเพาะปลูกข้าว และพันธุ์ข้าว จากเกษตรกร
- ข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ



ภาพประกอบ 13 แผนที่แสดงระวางแผนที่บริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี มาตราส่วน 1 : 50,000
ของกรมแผนที่ทหาร



ภาพประกอบ 14 แผนที่แสดงดัชนีภาพถ่ายดาวเทียม Landsat บริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

อุปกรณ์	- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล - เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของวัตถุ (Spectrometer หรือ Spectroradiometer) - เครื่องระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning System) - ตู้อบ (Oven) และ เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) - เครื่องมือวัดพื้นที่ (Curvimeter) - เครื่องมือวัดระยะ - เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ - เครื่องวัดค่าความชื้น - กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) - เครื่องพิมพ์ (Printer)
โปรแกรม	- โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม - โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ - โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการต่าง ๆ ที่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลบางส่วนไว้แล้ว ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ประกอบด้วย

3.1.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและเก็บรวบรวมจากพื้นที่ศึกษา ได้แก่

- ข้อมูลสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
- ปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวนาปรัง (ร้อยละ)
- ข้อมูลผลผลิตข้าวนาปรัง (กิโลกรัม / ไร่)
- ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าว (เมตร)

3.1.2 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องทดลอง ได้แก่

- ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index)
- มวลชีวภาพ (Biomass)

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการรวบรวมฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการ และสร้างฐานข้อมูลใหม่จากข้อมูลของหน่วยงานราชการ ประกอบด้วย

3.2.1 ข้อมูลเชิงตัวเลขขอบเขตการปกครองของจังหวัดสุพรรณบุรี และข้อมูลเชิงตัวเลขขอบเขตพื้นที่ชลประทาน ได้จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7017

3.2.2 ข้อมูลการใช้ที่ดิน ได้จากการปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินด้วยภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

3.2.3 รูปถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 15,000

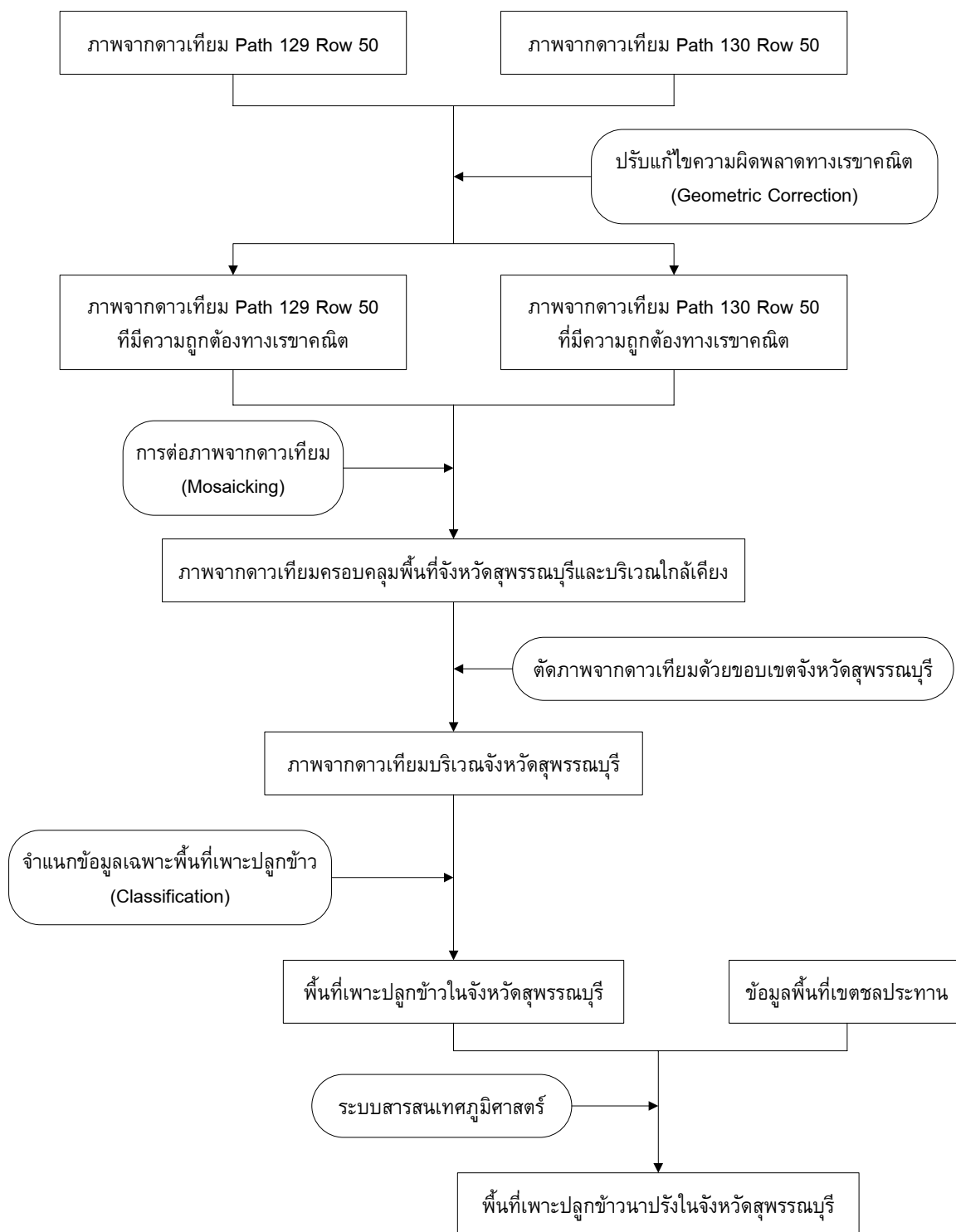
3.2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง ได้จากเกษตรกรผู้เพาะปลูกข้าว เช่น วันเริ่มทำการเพาะปลูกข้าว เป็นต้น

4. การจัดการทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การจัดการทำข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ได้ดังนี้

4.1.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา จะใช้ข้อมูลขอบเขตการปกครองจังหวัดสุพรรณบุรี และข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการปรับปรุงด้วยภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ มีวิธีการดังนี้

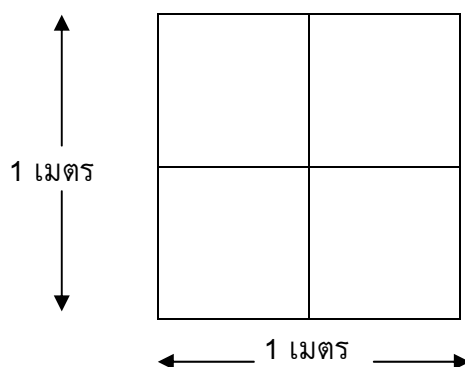
- นำภาพจากดาวเทียมไปทำการปรับแก้ไขความผิดพลาดทางเรขาคณิต (Geometric Correction) ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้มีระบบพิกัดภาพที่ถูกต้องตามตำแหน่งบนพื้นผิวโลก
- ทำการผสมภาพจากดาวเทียม Path 129 Row 50 และ Path 130 Row 50 เป็นภาพสีผสมเท็จในช่วงคลื่นที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำภาพมาต่อกัน (Mosaic)
- นำขอบเขตจังหวัดสุพรรณบุรีมาตัดกับภาพจากดาวเทียมที่ต่อกันไว้แล้ว จะได้ภาพจากดาวเทียมบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี
- นำภาพจากดาวเทียมบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรีมาจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เฉพาะพื้นที่เพาะปลูกข้าว
- นำเข้าข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- นำฐานข้อมูลขอบเขตพื้นที่ชลประทานและข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่ได้จากการแปลภาพจากดาวเทียม เข้าสู่กระบวนการจัดการทำข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อให้ได้เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังในจังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพประกอบ 15 แสดงขั้นตอนการดำเนินการเลือกพื้นที่ศึกษา

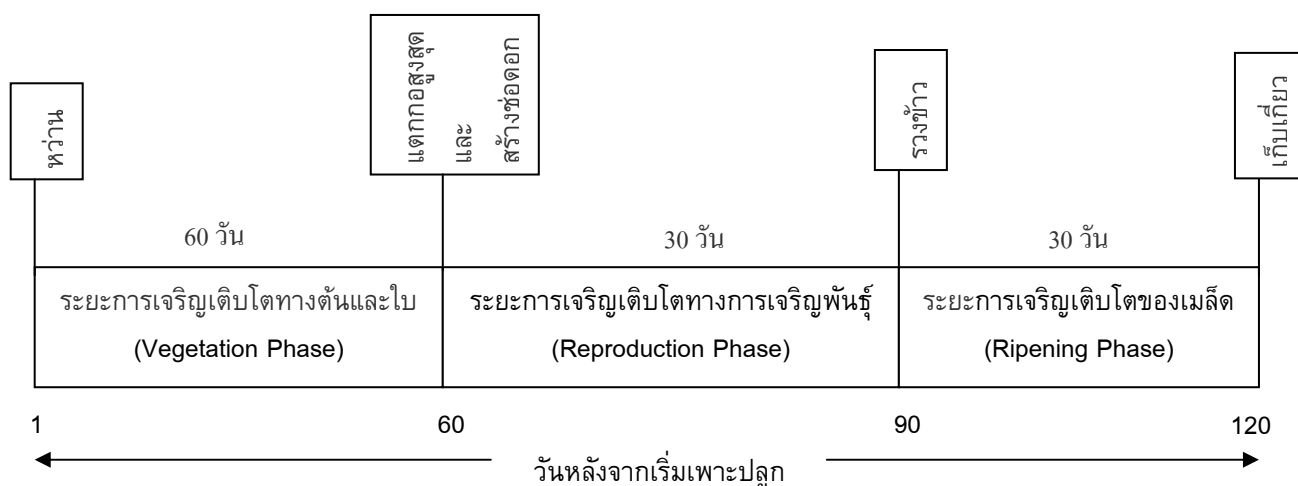
4.1.2 การสุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษา จะนำข้อมูลจากการวิเคราะห์และจากภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 15,000 มาใช้ประกอบในการสุ่มตัวอย่าง

- นำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาใช้ในการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง โดยมีพื้นที่ในการสุ่มตัวอย่างประมาณ 100 ตารางกิโลเมตร
- กำหนดให้มีตัวอย่างพื้นที่ศึกษา จำนวน 10 จุด
- ตัวอย่างพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังในแต่ละจุดมีพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างเป็น 4 ส่วน



ภาพประกอบ 16 แสดงการแบ่งพื้นที่เก็บตัวอย่างข้าว

- วันที่เก็บข้อมูลจากตัวอย่างข้าว แบ่งจากระยะการเจริญเติบโตของข้าวนาปรัง ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 120 วัน โดย จะเก็บข้อมูลในวันที่ 30, 60 และ 90 หลังจากเริ่มหว่านข้าว จะเก็บข้อมูลครั้งสุดท้ายในวันที่ 120 หลังจากหว่านข้าว โดยเป็นการเก็บข้อมูลของผลผลิตข้าวนาปรัง



ภาพประกอบ 17 แสดงระยะการเจริญเติบโตของข้าวนาปรัง

4.1.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว จะนำต้นข้าวที่ได้จากพื้นที่ตัวอย่างมาใช้ในการหาดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพ มีวิธีการดังนี้

- นำต้นข้าวจากพื้นที่ตัวอย่างมาคำนวณพื้นที่ใบข้าวโดยเครื่องมือวัดพื้นที่ (Curvimeter) จากนั้นนำพื้นที่ใบที่ได้มาหาดัชนีพื้นที่ใบ มีสูตรดังนี้

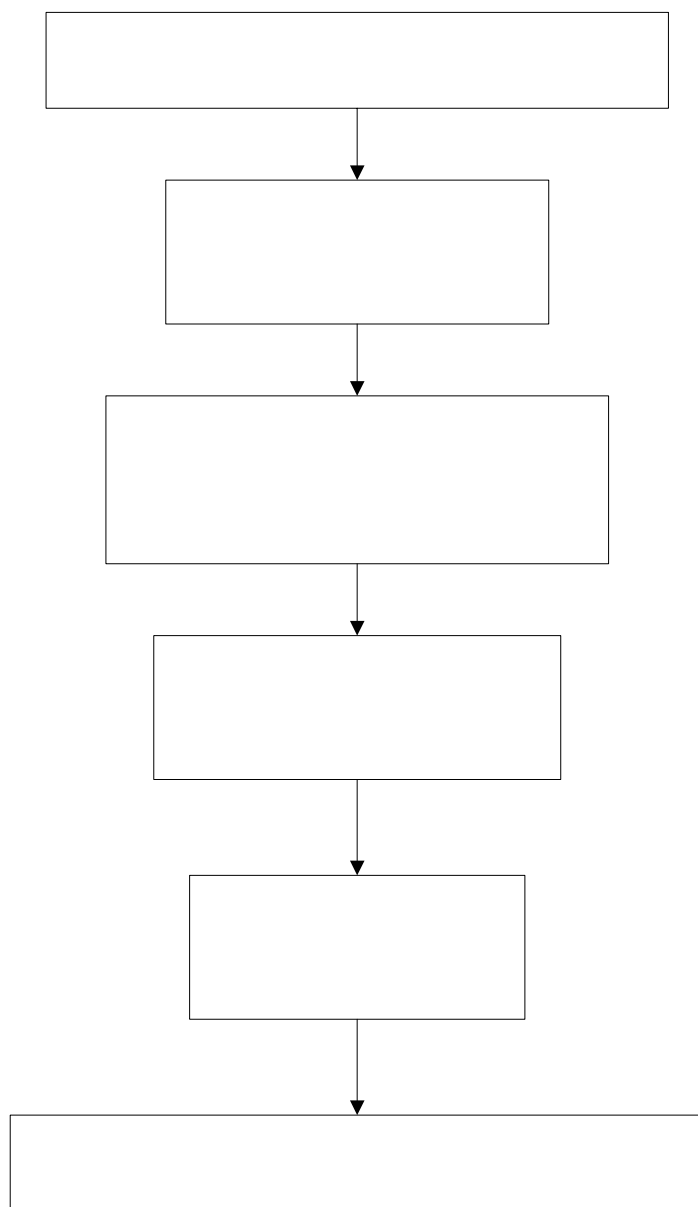
$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)} = \frac{\text{ผลรวมพื้นที่ใบทั้งหมด (ตารางหน่วย)}}{\text{พื้นที่ตัวอย่าง (ตารางหน่วย)}}$$

- นำต้นข้าวส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินไปอบเพื่อคำนวณน้ำหนักแห้ง (Above ground Dry Weight) โดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ นำไปชั่งบนเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นจึงนำน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินไปหามวลชีวภาพ มีสูตรดังนี้

$$\text{มวลชีวภาพ (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักของใบแห้ง (กรัม)}}{\text{พื้นที่ตัวอย่าง (ตารางเมตร)}}$$

4.1.4 การศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละความยาวช่วงคลื่นของข้าว จะนำไปหาค่าดัชนีพืชพรรณของข้าว โดยค่าการสะท้อนพลังงานได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงาน (Spectrometer) มีวิธีการศึกษาดังนี้

- ติดตั้งสเปคโตรมิเตอร์บนขาตั้งสามขา (Tripod) โดยให้อยู่ในแนวตั้งฉากกับต้นข้าว มุมมองของเลนส์เปิดกว้างที่ 10 องศา
- ตั้งแผ่นกระดานสีขาวสะท้อนพลังงาน (White Reflected Board) ไว้ในแนวเดียวกับวัตถุ (แนวระนาบ)
- หมุนปุ่มตั้งค่าความยาวช่วงคลื่นก่อน 1 รอบ จากนั้นจึงตั้งค่าความยาวช่วงคลื่นที่ต้องการอ่าน
- ตั้งค่าความยาวช่วงคลื่นที่ 675 นาโนเมตร อ่านค่าการสะท้อนพลังงานของแผ่นกระดานสีขาว และอ่านค่าการสะท้อนพลังงานของข้าว (อ่านที่จุดเดียวกับที่ตั้งแผ่นกระดานสีขาวและอ่านทันทีหลังจากนำแผ่นกระดานสีขาวออก) โดยทำเช่นเดียวกันในความยาวช่วงคลื่นที่ 750 นาโนเมตร และทำตามขั้นตอนข้างต้นทั้งหมดที่กล่าวมาเมื่อเปลี่ยนวัตถุ



ภาพประกอบ 18 แสดงขั้นตอนการสู่ตัวอย่างในการศึกษา

- นำค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวและกระดานสีข้าวที่วัดได้มาหาเปอร์เซ็นต์การสะท้อนพลังงาน จากสูตร (AIT. 2003 : 1-3)

$$\text{Reflectance Factor (\%)} = 10^{(V_{\lambda} - V_{0\lambda})} * 100$$

เมื่อ Reflectance Factor (%) = เปอร์เซนต์การสะท้อนพลังงานของข้าว

V_{λ} = ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าว

$V_{0\lambda}$ = ค่าการสะท้อนพลังงานของกระดานสีข้าว

- นำเปอร์เซนต์การสะท้อนพลังงานของข้าวไปหาค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งการหาค่าดัชนีพืชพรรณ ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

1. RVI (Ratio Vegetation Index) จากสูตร

$$\text{RVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{Red}}$$

2. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) จากสูตร

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

3. IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) จากสูตร

$$\text{IPVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

4. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) จากสูตร

$$\text{SAVI} = \frac{(1+L) \times (\text{NIR} - \text{Red})}{\text{NIR} + \text{Red} + L} ; L = 0.5$$

เมื่อ NIR = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.76-0.90 ไมโครเมตร

Red = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.69 ไมโครเมตร

4.1.5 ผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง ได้จากการชั่งน้ำหนักและตรวจวัดความชื้น และนำไปหาความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบ, มวลชีวภาพ และดัชนีพืชพรรณ น้ำหนักข้าวจะต้องชั่งที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสูตรในการคำนวณหาน้ำหนักข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ (ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550 : 14) ดังนี้

$$\text{น้ำหนักข้าว ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์} = \text{ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)} \times \{(100 - \text{ความชื้นจริง})/86\}$$

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ของผลผลิตข้าวนาปรัง ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพ มีวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และใช้สมการในการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวกับดัชนีพื้นที่ใบ, ผลผลิตข้าวกับมวลชีวภาพ และผลผลิตข้าวกับค่าดัชนีพืชพรรณ เพื่อนำไปใช้ในการคาดคะเนผลผลิตข้าว (Yield) จากสมการหาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Correlation Coefficients of Pearson) มีสูตรดังนี้

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

เมื่อ r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
 n = จำนวนตัวอย่าง
 X = ตัวแปรต้น
 Y = ตัวแปรตาม

หลังจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันแล้ว นำตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีความสัมพันธ์กันมากไปใช้ในการสร้างสมการคาดคะเนผลผลิตโดยใช้สมการถดถอย มีสูตรดังนี้ (วิยะดา ตันวัฒนากุล. 2548 : 156-157)

สมการเส้นตรง (Linear) มีลักษณะกราฟเป็นเส้นตรง

$$Y = AX + B$$

หรือ

สมการลอการิทึม (Logarithmic) มีลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งลง

$$Y = A \ln(X) + B$$

หรือ

สมการเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential) มีลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งขึ้น

$$Y = AX^2 + BX + C$$

$$\text{เมื่อ } X = \text{ตัวแปรต้น}$$

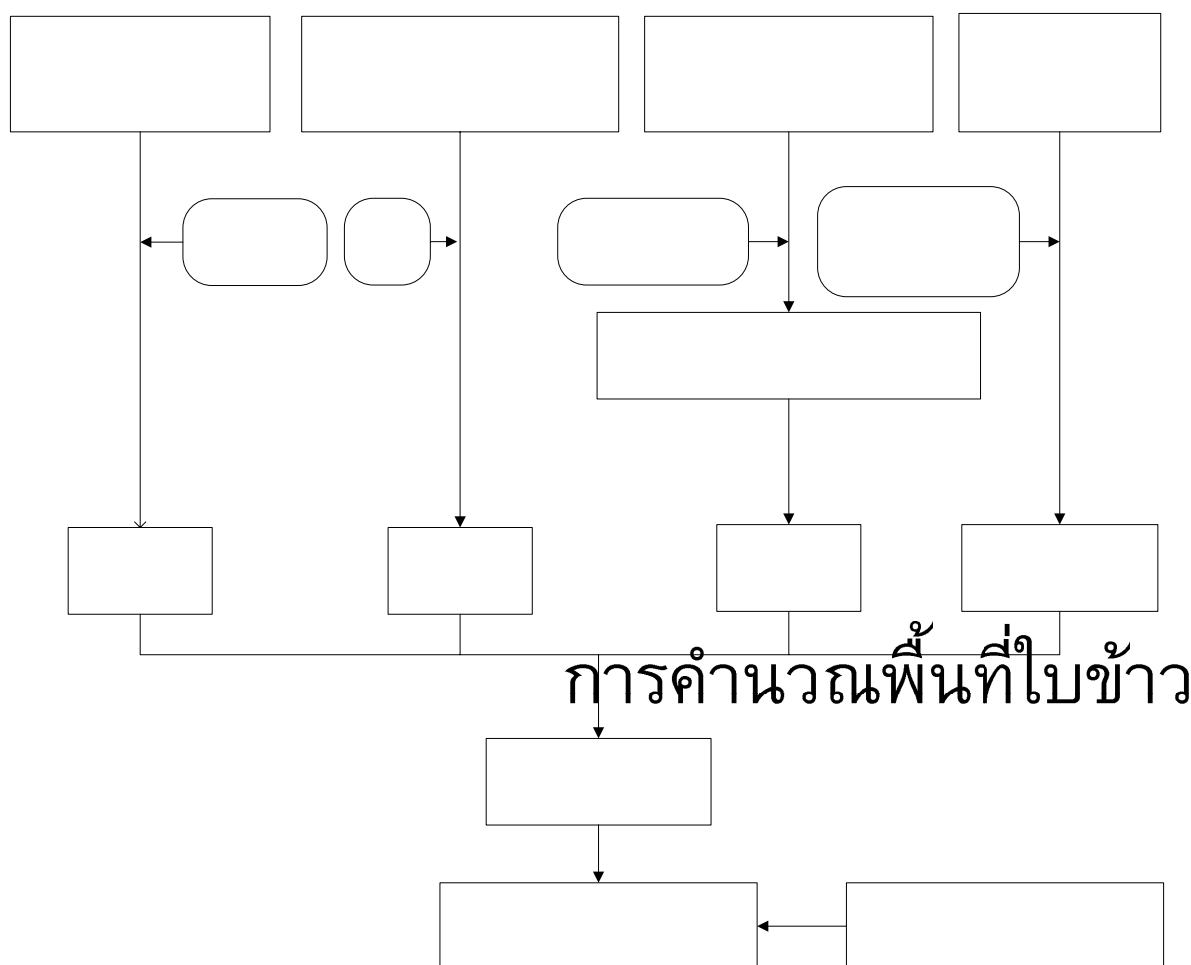
$$Y = \text{ตัวแปรตาม}$$

เมื่อได้สมการการประมาณผลผลิตของข้าวนาปรังจะมีการคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จริงและผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการ โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE) มีสูตรดังนี้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550 : Online)

$$\text{MAPE (\%)} = (100/n) \times \sum \frac{|A_i - F_i|}{F_i}$$

เมื่อ	A_i	=	ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จริง (กรัม/ตารางเมตร)
	F_i	=	ผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการ (กรัม/ตารางเมตร)
	n	=	จำนวนค่าพยากรณ์

สุพรรณ กาญจนสุธรรม (2550 : สัมภาษณ์) ได้กล่าวว่าสมการใดที่มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ที่มีค่าน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ สมการนั้นสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรังได้



ภาพประกอบ 19 แสดงขั้นตอนการดำเนินการจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องวัดพื้นที่

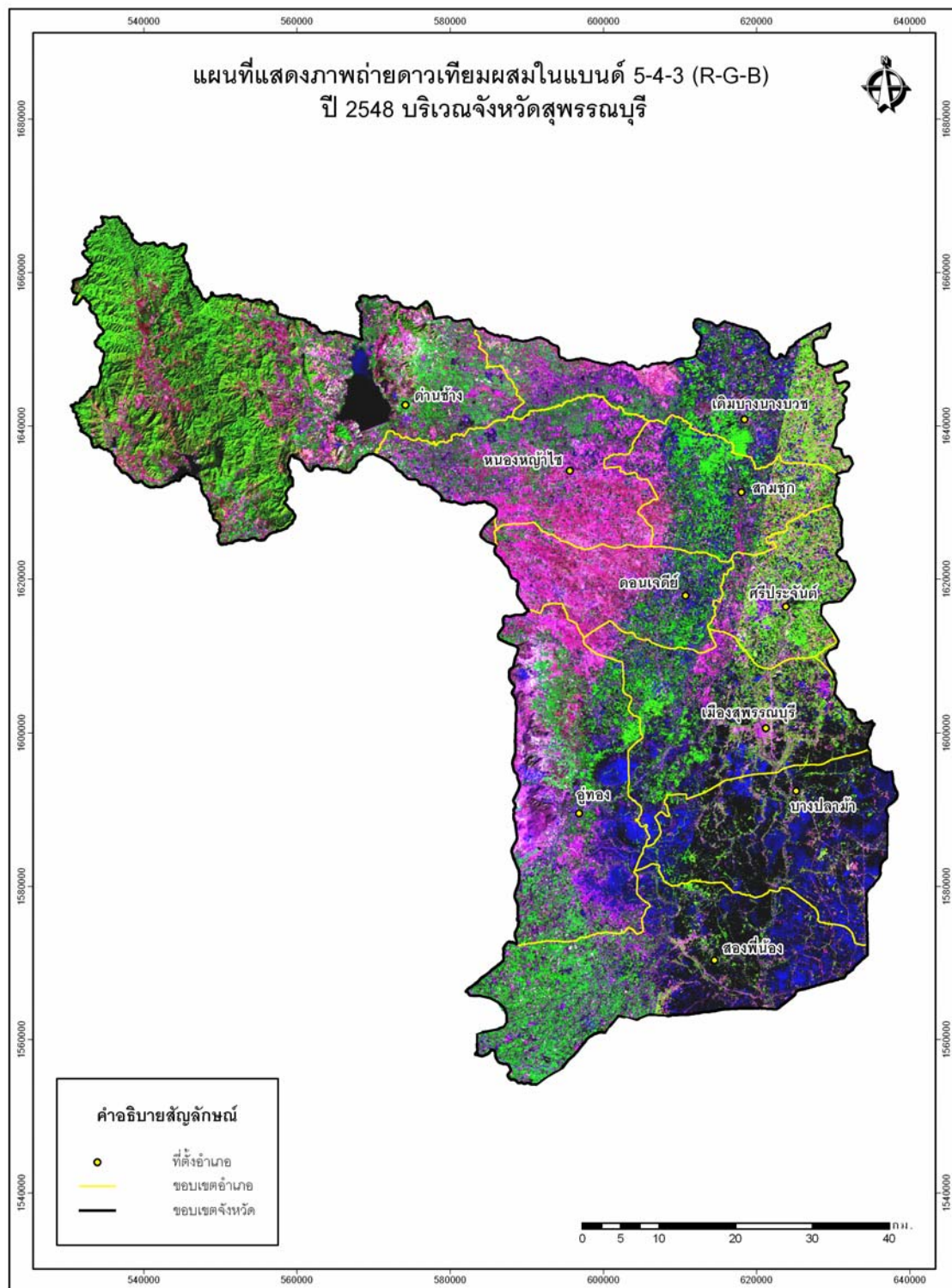
บทที่ 4

ผลการศึกษา

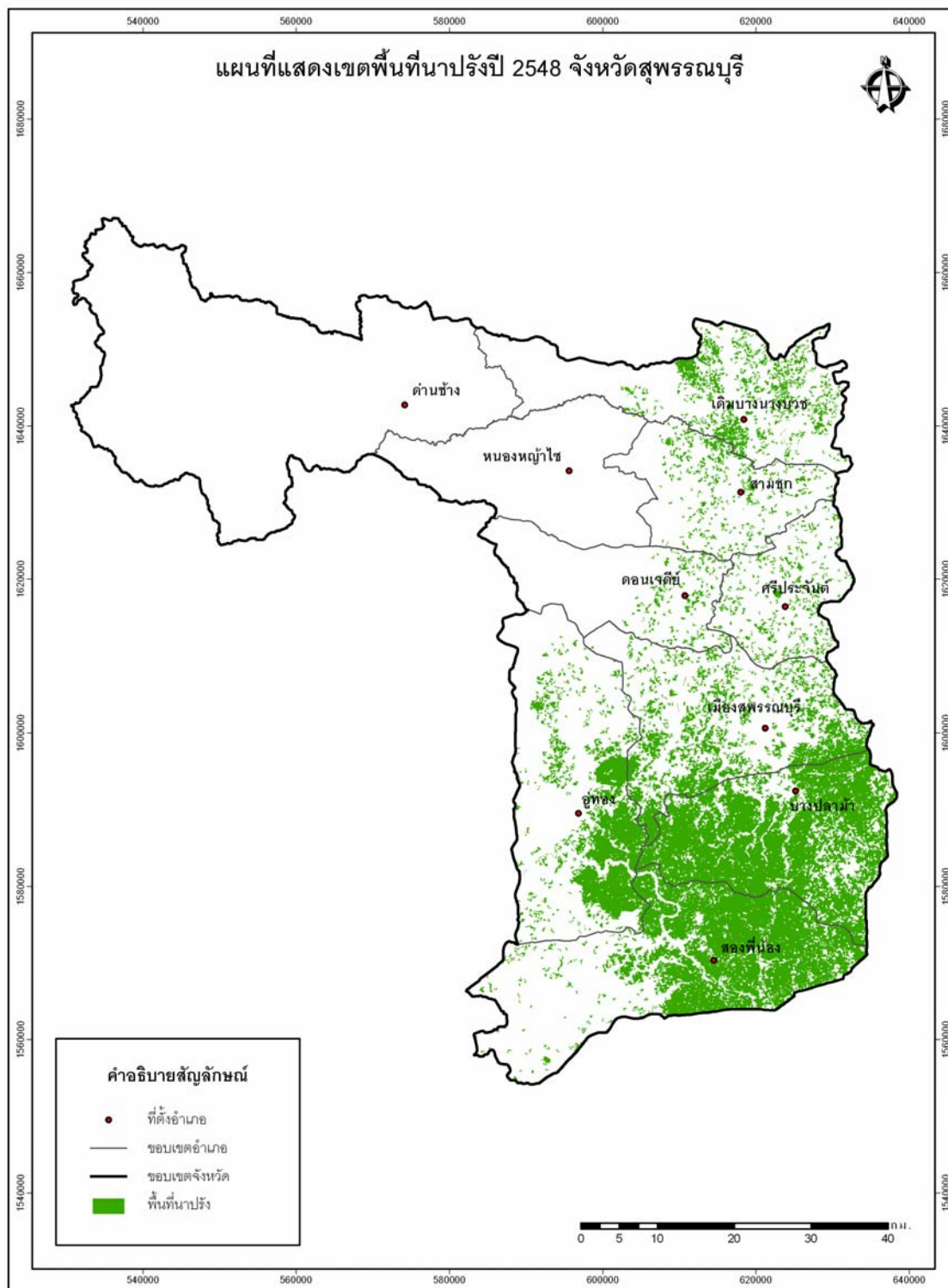
ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำข้อมูลภาพจากดาวเทียมของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เพื่อศึกษาพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในจังหวัดสุพรรณบุรี ภาพถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1 : 15,000 และแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ประกอบกับข้อมูลจากเครื่องระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning System) มาใช้ในการสุ่มตัวอย่างพื้นที่เพื่อใช้ในการศึกษา และได้นำการประยุกต์เทคโนโลยีของการสำรวจข้อมูลระยะไกลมาใช้ คือ หลักการในการสะท้อนและดูดซับพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของวัตถุซึ่งสามารถหาออกมาในรูปแบบดัชนีพืช เพื่อหาความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของข้าว ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบมวลชีวภาพ ผลการศึกษามีดังนี้

1. ตัวอย่างพื้นที่ศึกษา

ในการเลือกตัวอย่างพื้นที่ศึกษาข้าวนาปรังในจังหวัดสุพรรณบุรี ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลภาพจากดาวเทียม และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ตามขั้นตอนการจัดกระทำข้อมูล โดยนำภาพจากดาวเทียมที่ผสมในแบนด์ 5-4-3 (R-G-B) ทำให้ได้ภาพจากดาวเทียมบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี ดังแสดงในภาพประกอบ 20 จากนั้นจึงทำการจำแนกชนิดข้อมูลของภาพออกมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวและนำข้อมูลพื้นที่ชลประทานเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจนได้พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี ดังแสดงในภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 20 แผนที่แสดงภาพถ่ายดาวเทียมผสมในแบนด์ 5-4-3 (R-G-B) ปี 2548
บริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพประกอบ 21 แผนที่แสดงเขตพื้นที่นาปรัง ปี 2548 จังหวัดสุพรรณบุรี

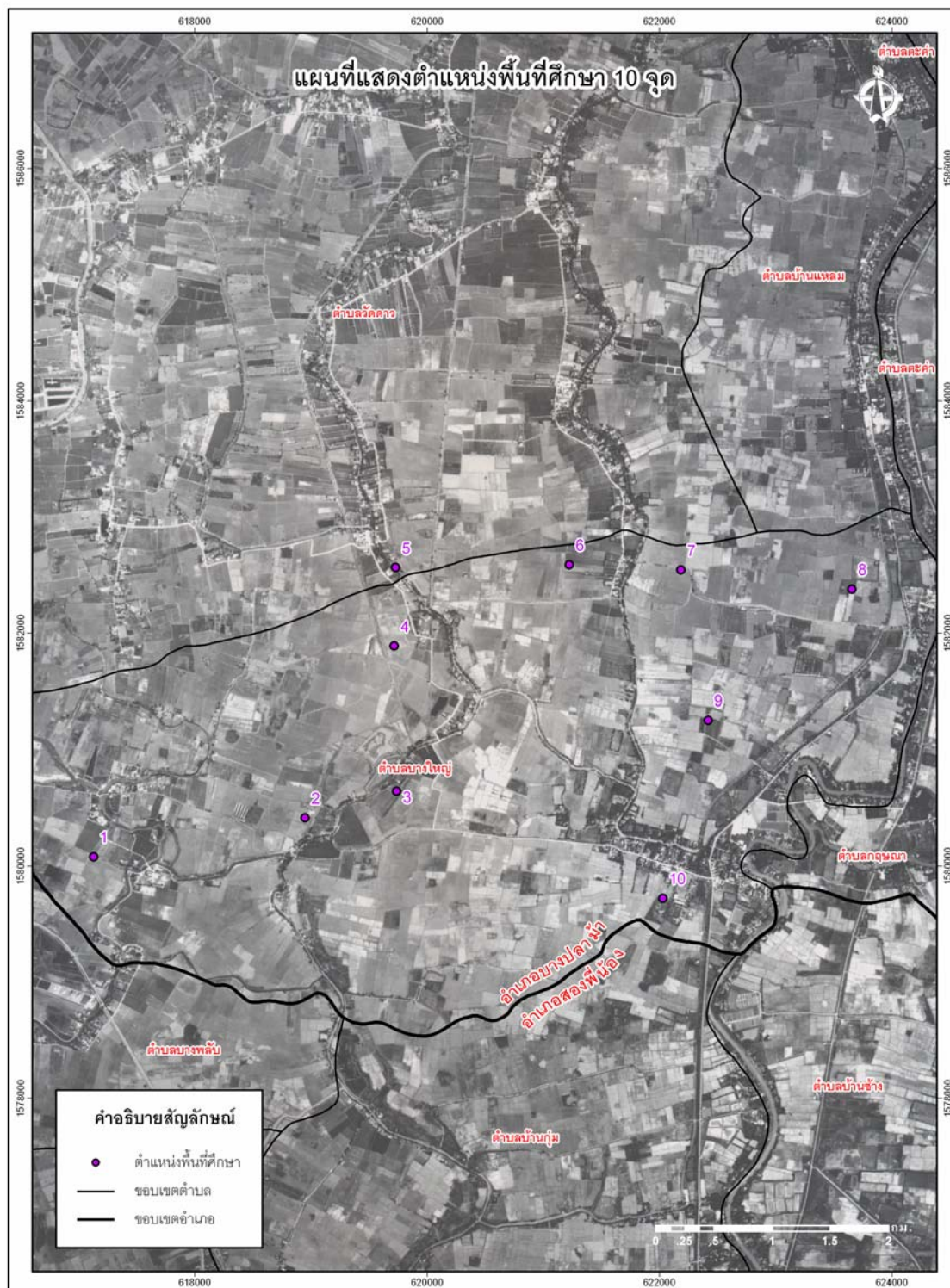
จากการสุ่มตัวอย่างพื้นที่ศึกษาทำให้ได้พื้นที่ศึกษาบริเวณ ตำบลบางใหญ่ อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี และทำการคัดเลือกตัวอย่างพื้นที่ศึกษาจำนวน 10 จุด ดังแสดงในตาราง 4 และ ภาพประกอบ 22

ตาราง 4 แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษา 10 จุด

พื้นที่ศึกษา	Easting	Northing
1	617,126.83	1,580,080.82
2	618,948.70	1,580,416.02
3	619,737.04	1,580,643.31
4	619,716.04	1,581,891.69
5	619,727.28	1,582,565.53
6	621,223.72	1,582,591.30
7	622,184.87	1,582,545.91
8	623,657.19	1,582,380.12
9	622,417.76	1,581,253.19
10	622,028.96	1,579,723.64

2. ดัชนีพื้นที่ใบ

จากตัวอย่างพื้นที่ศึกษาการเพาะปลูกข้าวนาปรัง ตำบลบางใหญ่ อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี ในวันหลังจากเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2548 โดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ (Curvimeter) (ภาคผนวก ค) ผลการศึกษาที่ได้ดังแสดงในตาราง 5 พบว่า ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ดัชนีพื้นที่ใบเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปจนถึงมากที่สุดมีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 0.11 พื้นที่ศึกษา 10 และพื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.15 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.16 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.17 พื้นที่ศึกษา 2 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.20 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.25 พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.29 และพื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.30 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ดัชนีพื้นที่ใบเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปจนถึงมากที่สุดมีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 4.01 พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 4.10 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 4.94 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 5.13 พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 5.41 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 5.42 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 5.49 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 5.58 พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 5.88 และพื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 5.94 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ดัชนีพื้นที่ใบเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปจนถึงมากที่สุดมีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 6.74 พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 7.83 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 8.82 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 8.89 พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 8.92 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 10.64 พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 10.77 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 10.79 และพื้นที่ศึกษา



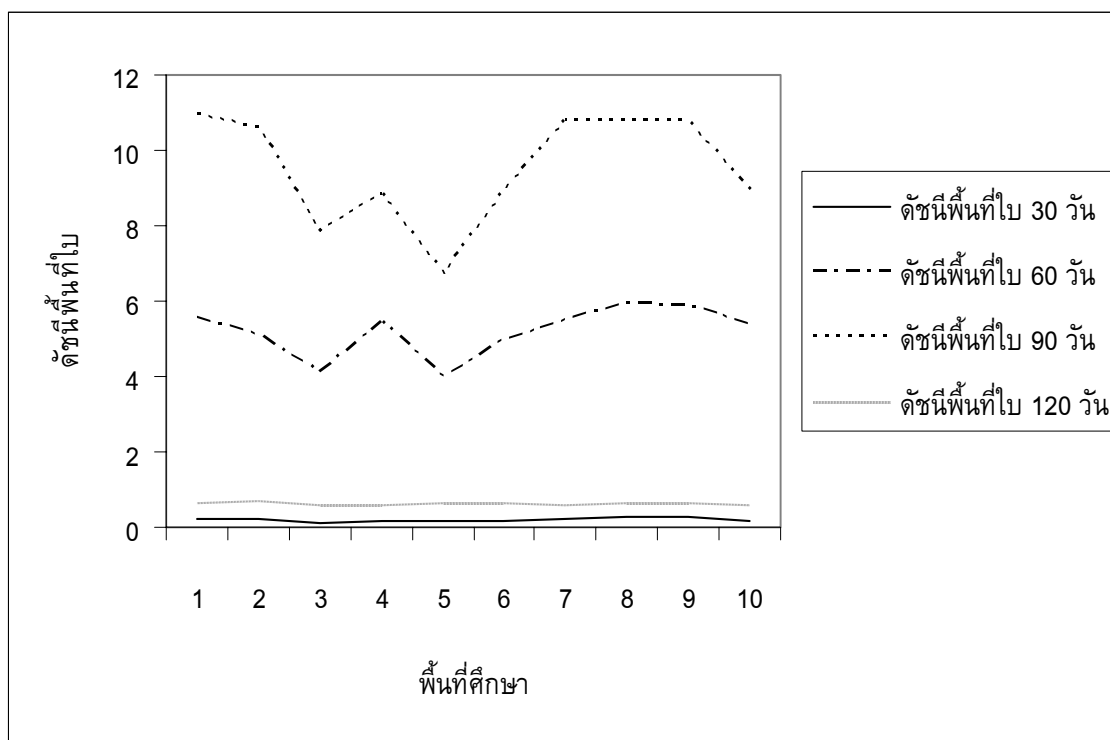
ภาพประกอบ 22 แผนที่แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษา 10 จุด

1 เท่ากับ 10.95 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ดัชนีพื้นที่ใบเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปจนถึงมากที่สุดมีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 0.56 พื้นที่ศึกษา 4 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.58 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.59 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.60 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.61 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.62 และพื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.67

ตาราง 5 แสดงดัชนีพื้นที่ใบในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	0.25	5.58	10.95	0.60
2	0.20	5.13	10.64	0.67
3	0.11	4.10	7.83	0.56
4	0.17	5.42	8.82	0.58
5	0.16	4.01	6.74	0.62
6	0.15	4.94	8.89	0.61
7	0.20	5.49	10.77	0.56
8	0.30	5.94	10.79	0.59
9	0.29	5.88	10.78	0.60
10	0.15	5.41	8.92	0.58
เฉลี่ย	0.20	5.19	9.51	0.60

ในการศึกษาดัชนีพื้นที่ใบในแต่ละจุด ดัชนีพื้นที่ใบโดยเฉลี่ยในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.20 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน มีดัชนีพื้นที่ใบโดยเฉลี่ยมีเพิ่มขึ้น เท่ากับ 5.19 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด เท่ากับ 9.51 และในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยเฉลี่ยลดลง เท่ากับ 0.60



ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงดัชนีพื้นที่ใบในแต่ละพื้นที่ศึกษา

3. มวลชีวภาพ

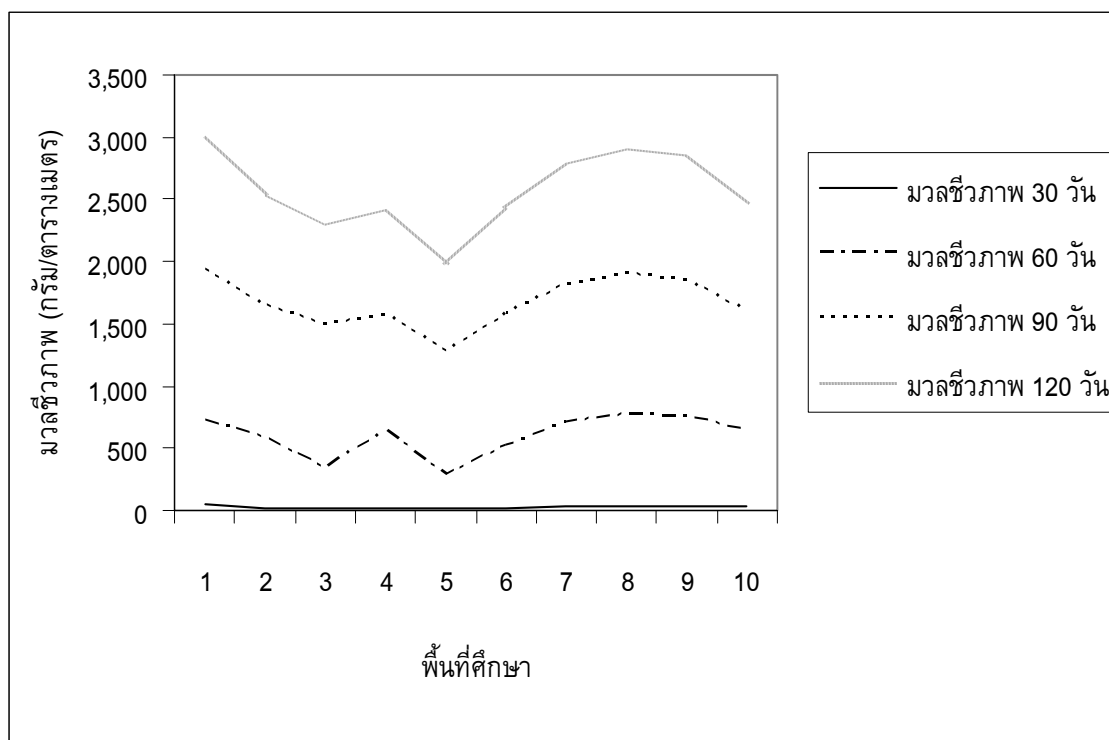
จากการศึกษามวลชีวภาพของข้าวโดยนำข้าวที่อยู่เหนือพื้นดินมาอบในตู (ภาคผนวก ค) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากอบเสร็จแล้วจึงนำไปชั่ง ผลการศึกษาที่ได้แสดงในตาราง 6 พบว่า มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด ดังนี้ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 9.15 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 15.36 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 18.74 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 20.16 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 21.78 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 26.93 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 27.50 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 31.28 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 32.08 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 45.09 กรัม/ตารางเมตร มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด ดังนี้ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 288.83 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 343.95 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 527.40 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 590.96 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 643.36 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 645.12 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 705.84 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 721.36 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 763.14 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 780.80 กรัม/ตารางเมตร มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด ดังนี้ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 1,286.73 กรัม/

ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,494.06 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,571.51 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,581.15 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,601.98 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,649.31 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,809.06 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,854.43 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,897.33 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,942.63 กรัม/ตารางเมตร มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด ดังนี้ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 1,967.41 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 2,283.04 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 2,404.41 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 2,420.74 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 2,457.43 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 2,531.71 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 2,771.47 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 2,842.83 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 2,897.23 กรัม/ตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 2,989.71 กรัม/ตารางเมตร

ตาราง 6 แสดงมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ศึกษา (กรัม/ตารางเมตร)

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	45.09	721.36	1,942.63	2,989.71
2	18.74	590.96	1,649.31	2,531.71
3	21.78	343.95	1,494.06	2,283.04
4	20.16	645.12	1,571.51	2,404.41
5	9.15	288.83	1,286.73	1,967.41
6	15.36	527.40	1,581.15	2,420.74
7	27.50	705.84	1,809.06	2,771.47
8	32.08	780.80	1,897.33	2,897.23
9	31.28	763.14	1,854.43	2,842.83
10	26.93	643.36	1,601.98	2,457.43
เฉลี่ย	24.81	601.08	1,668.82	2,556.60

ในการศึกษามวลชีวภาพในแต่ละจุด มวลชีวภาพโดยเฉลี่ยในระยะเวลาเพาะปลูกวันที่ 30 มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 24.81 กรัม/ตารางเมตร มวลชีวภาพโดยเฉลี่ยในระยะเวลาเพาะปลูกวันที่ 60 มีค่าเพิ่มขึ้น เท่ากับ 601.08 กรัม/ตารางเมตร มวลชีวภาพโดยเฉลี่ยในระยะเวลาเพาะปลูกวันที่ 90 มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เท่ากับ 1,668.82 กรัม/ตารางเมตร จนระยะเวลาเพาะปลูกวันที่ 120 มวลชีวภาพเพิ่มสูงที่สุด เท่ากับ 2,556.60 กรัม/ตารางเมตร



ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4. ดัชนีพืช

จากการศึกษาดัชนีพืช ปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงและปริมาณการสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาพิจารณาประกอบ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้คลื่นแสงสีแดงมีความยาว 675 นาโนเมตร และคลื่นอินฟราเรดใกล้มีความยาว 750 นาโนเมตร

การศึกษาปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง ดังแสดงในตาราง 7 พบว่าในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 8 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 50 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 9 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 10 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 12 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 10 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 11 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 40 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 12 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 13 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 14 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 10 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 40 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 11 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 30 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 13 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 14 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 19 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์

มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 21 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 30 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 22 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 30 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10

ตาราง 7 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง ในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์)

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	12	12	11	22
2	8	14	10	25
3	8	13	13	19
4	8	11	14	19
5	8	13	13	21
6	10	10	11	22
7	10	12	10	22
8	8	11	11	21
9	9	11	10	21
10	9	11	10	20
เฉลี่ย	9	12	11	21

โดยสรุปแล้ว ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน มีปริมาณการสะท้อนพลังงาน 9 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน มีปริมาณการสะท้อนพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกันในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน มีปริมาณการสะท้อนพลังงาน 11 เปอร์เซ็นต์ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน มีปริมาณการสะท้อนพลังงานสูงสุด เท่ากับ 21 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ดังแสดงในตาราง 8 พบว่า ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 13 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 14 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 30 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 15 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 16 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 19 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 40 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 41 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 42 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 43 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 40 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 45 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 49 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 45 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 46 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 47

เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 48 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 30 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 50 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 20 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 68 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 27 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 30 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 30 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 31 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 30 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 33 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 34 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10 ปริมาณการสะท้อนพลังงาน 40 เปอร์เซ็นต์ มีร้อยละ 10

ตาราง 8 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์)

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	19	43	50	34
2	16	49	47	40
3	13	40	45	27
4	14	45	68	31
5	13	40	45	30
6	19	41	48	33
7	16	43	46	31
8	15	43	50	30
9	14	42	48	30
10	14	43	48	31
เฉลี่ย	15	43	50	32

โดยสรุปแล้ว ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน มีปริมาณการสะท้อนพลังงาน 15 เปอร์เซ็นต์ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน มีปริมาณการสะท้อนพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 43 เปอร์เซ็นต์ ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงานเพิ่มสูงสุดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ และในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ปริมาณการสะท้อนพลังงานลดลงเป็น 32 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษาปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ เพื่อนำไปใช้หาค่าดัชนีพืช โดยค่าดัชนีพืชสามารถหาได้หลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้มี 4 วิธี ได้แก่ RVI (Ratio Vegetation Index) NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) และ SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

4.1 ค่า RVI

การศึกษา ค่า RVI เป็นการศึกษาอัตราส่วนปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่อปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง มีสูตรดังนี้

$$RVI = \frac{NIR}{Red}$$

ผลการศึกษา ค่า RVI ดังแสดงในตาราง 9 พบว่า ค่า RVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1.55 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1.59 พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1.62 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 1.66 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1.70 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1.74 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1.78 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1.91 และพื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1.95 ค่า RVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 3.02 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 3.09 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 3.39 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 3.47 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 3.55 พื้นที่ศึกษา 4 พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 3.89 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 3.98 ค่า RVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 3.55 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 4.37 พื้นที่ศึกษา 2 และพื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 4.47 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 4.57 พื้นที่ศึกษา 1 พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 4.68 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 4.90 ค่า RVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1.41 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1.45 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1.48 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1.51 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1.59 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1.66

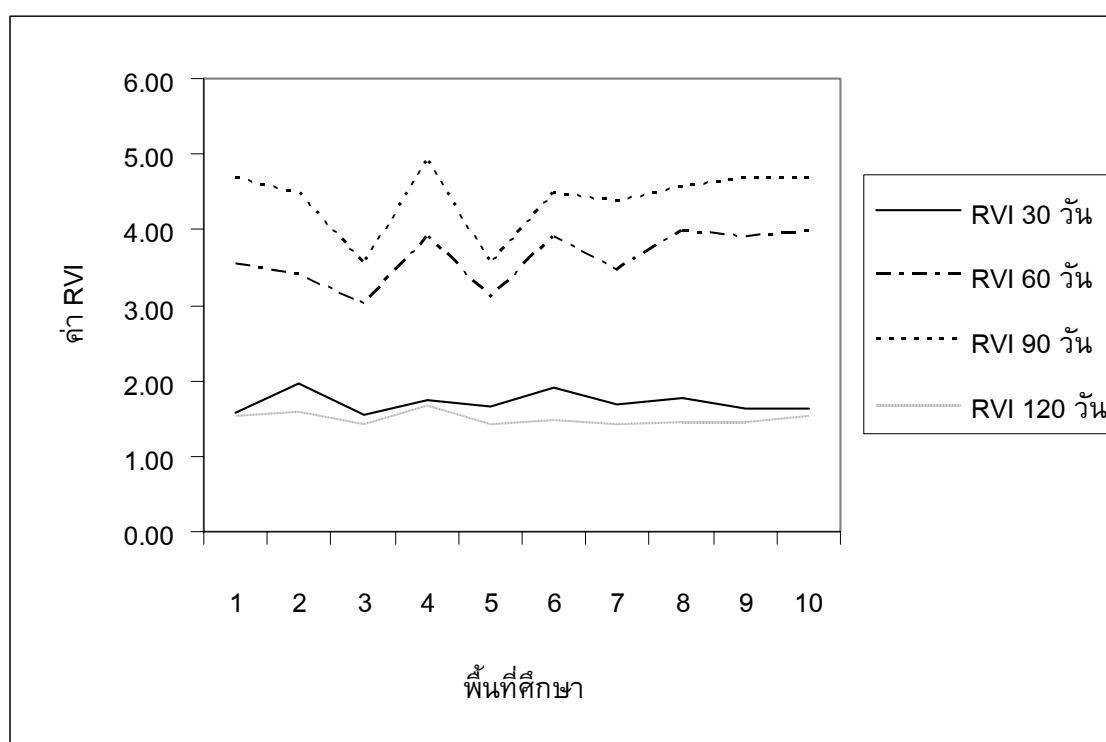
ตาราง 9 แสดงค่า RVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	1.59	3.55	4.68	1.51
2	1.95	3.39	4.47	1.59
3	1.55	3.02	3.55	1.41
4	1.74	3.89	4.90	1.66
5	1.66	3.09	3.55	1.41
6	1.91	3.89	4.47	1.48

ตาราง 9 (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
7	1.70	3.47	4.37	1.41
8	1.78	3.98	4.57	1.45
9	1.62	3.89	4.68	1.45
10	1.62	3.98	4.68	1.51
เฉลี่ย	1.71	3.62	4.39	1.49

โดยสรุปแล้ว ค่า RVI เฉลี่ยในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เท่ากับ 1.71 จากนั้นเพิ่มขึ้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ค่า RVI เฉลี่ย เท่ากับ 3.62 และเพิ่มสูงสุดในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เท่ากับ 4.39 ในระยะเวลาเพาะปลูกวันที่ 120 ค่า RVI ลดลงจนเหลือ 1.49



ภาพประกอบ 25 กราฟแสดงค่า RVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4.2 ค่า NDVI

การศึกษา ค่า NDVI เป็นการศึกษ้อัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง มีสูตรดังนี้

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

ผลการศึกษา ค่า NDVI ดังแสดงในตาราง 10 พบว่า ค่า NDVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 0.22 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.23 พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.24 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.25 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.26 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.27 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.28 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.31 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.32 ค่า NDVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 0.50 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.51 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.54 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.55 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.56 พื้นที่ศึกษา 4 พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.59 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.60 ค่า NDVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.56 พื้นที่ศึกษา 7 พื้นที่ศึกษา 2 และพื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.63 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.64 พื้นที่ศึกษา 1, พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.65 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.66 ค่า NDVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.17 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.18 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.19 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.20 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.23 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.25

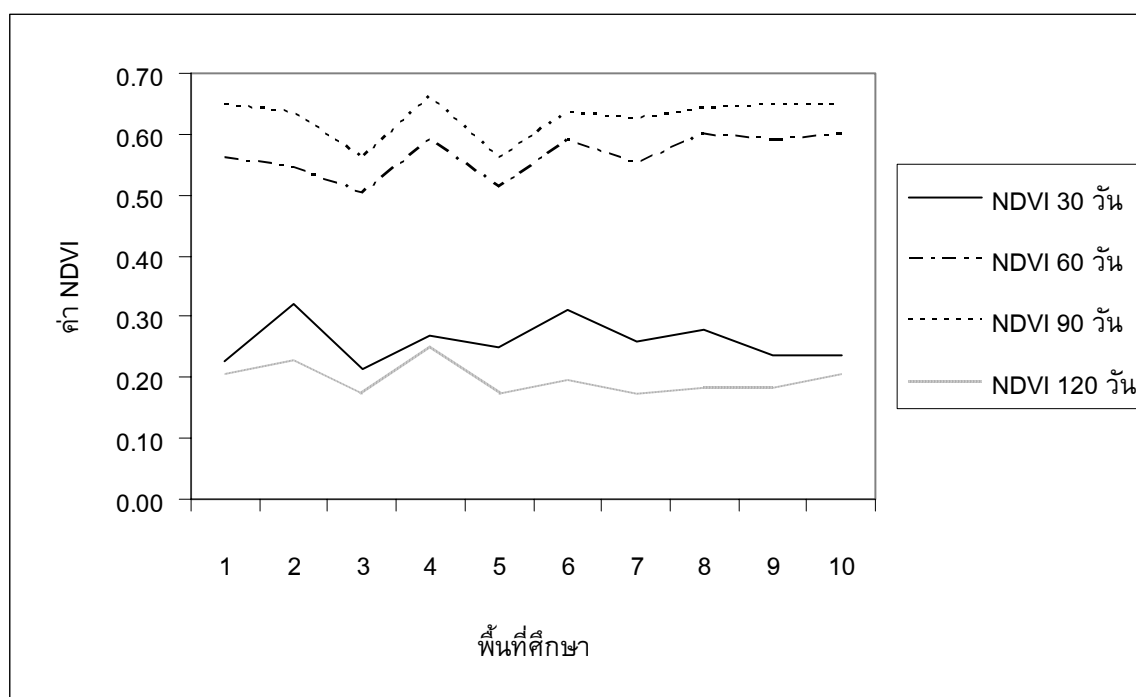
ตาราง 10 แสดงค่า NDVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	0.23	0.56	0.65	0.20
2	0.32	0.54	0.63	0.23
3	0.22	0.50	0.56	0.17
4	0.27	0.59	0.66	0.25

ตาราง 10 (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
5	0.25	0.51	0.56	0.17
6	0.31	0.59	0.63	0.19
7	0.26	0.55	0.63	0.17
8	0.28	0.60	0.64	0.18
9	0.24	0.59	0.65	0.18
10	0.24	0.60	0.65	0.20
เฉลี่ย	0.26	0.56	0.63	0.19

โดยสรุปแล้ว ค่า NDVI เฉลี่ยในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เท่ากับ 0.26 จากนั้น ค่า NDVI เพิ่มขึ้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เท่ากับ 0.56 และเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เท่ากับ 0.63 จากนั้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ลดลงเหลือ 0.19



ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงค่า NDVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4.3 ค่า IPVI

การศึกษา ค่า IPVI เป็นการศึกษ้อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง มีสูตรดังนี้

$$\text{IPVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

ผลการศึกษา ค่า IPVI ดังแสดงในตาราง 11 พบว่า ค่า IPVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.61 พื้นที่ศึกษา 9, พื้นที่ศึกษา 10 และพื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.62 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.63 พื้นที่ศึกษา 4 และพื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.64 พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.66 ค่า IPVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 0.75 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.76 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.77 พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.78 พื้นที่ศึกษา 4 พื้นที่ศึกษา 6 พื้นที่ศึกษา 8 พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.80 ค่า IPVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.78 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.81 พื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ศึกษา 6 พื้นที่ศึกษา 8 พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.82 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.83 ค่า IPVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3, พื้นที่ศึกษา 5, พื้นที่ศึกษา 7, พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.59 พื้นที่ศึกษา 1 พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.60 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.61 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.62

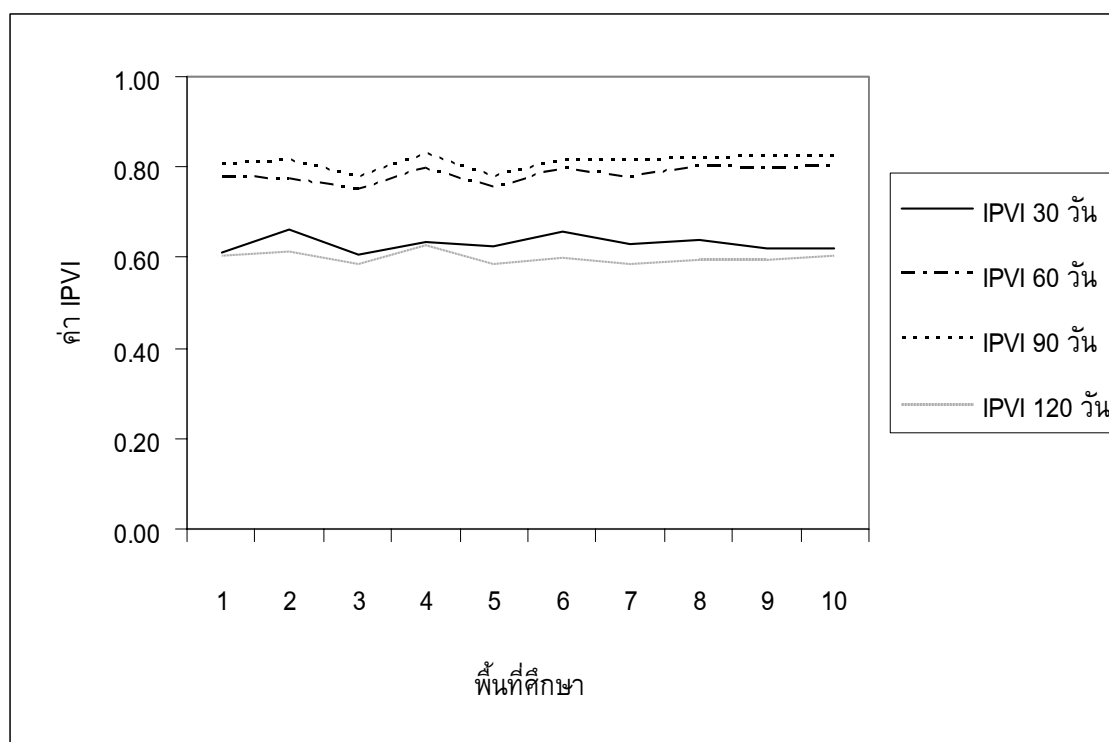
ตาราง 11 แสดงค่า IPVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	0.61	0.78	0.81	0.60
2	0.66	0.77	0.82	0.61
3	0.61	0.75	0.78	0.59
4	0.64	0.80	0.83	0.62
5	0.62	0.76	0.78	0.59
6	0.66	0.80	0.82	0.60
7	0.63	0.78	0.81	0.59

ตาราง 11 (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
8	0.64	0.80	0.82	0.59
9	0.62	0.80	0.82	0.59
10	0.62	0.80	0.82	0.60
เฉลี่ย	0.63	0.78	0.81	0.60

โดยสรุปแล้ว ค่า IPVI เฉลี่ยในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เท่ากับ 0.63 ค่า IPVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เท่ากับ 0.78 และเพิ่มสูงสุดในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เท่ากับ 0.81 จากนั้นค่า IPVI เฉลี่ยลดลงในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เท่ากับ 0.60



ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงค่า IPVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4.4 ค่า SAVI

การศึกษา ค่า SAVI เป็นการศึกษาค่าดัชนีพืชที่ถูกปรับแก้ผลกระทบจากการสะท้อนพลังงานของพื้นดิน มีสูตรดังนี้

$$SAVI = \frac{(1+L) \times (NIR - Red)}{NIR + Red + L} ; L = 0.5$$

ผลการศึกษา ค่า SAVI ดังแสดงในตาราง 12 พบว่า ค่า SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 0.32 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.33 พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.35 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.36 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.38 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.40 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.41 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.46 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.47 พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.48 ค่า SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 0.75 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.76 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.81 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.82 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.83 พื้นที่ศึกษา 4 พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.88 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.89 ค่า SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.83 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.93 พื้นที่ศึกษา 2 และพื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.94 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.95 พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.96 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 0.96 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.99 ค่า SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เรียงจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 0.25 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.27 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.29 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.30 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.34 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.37

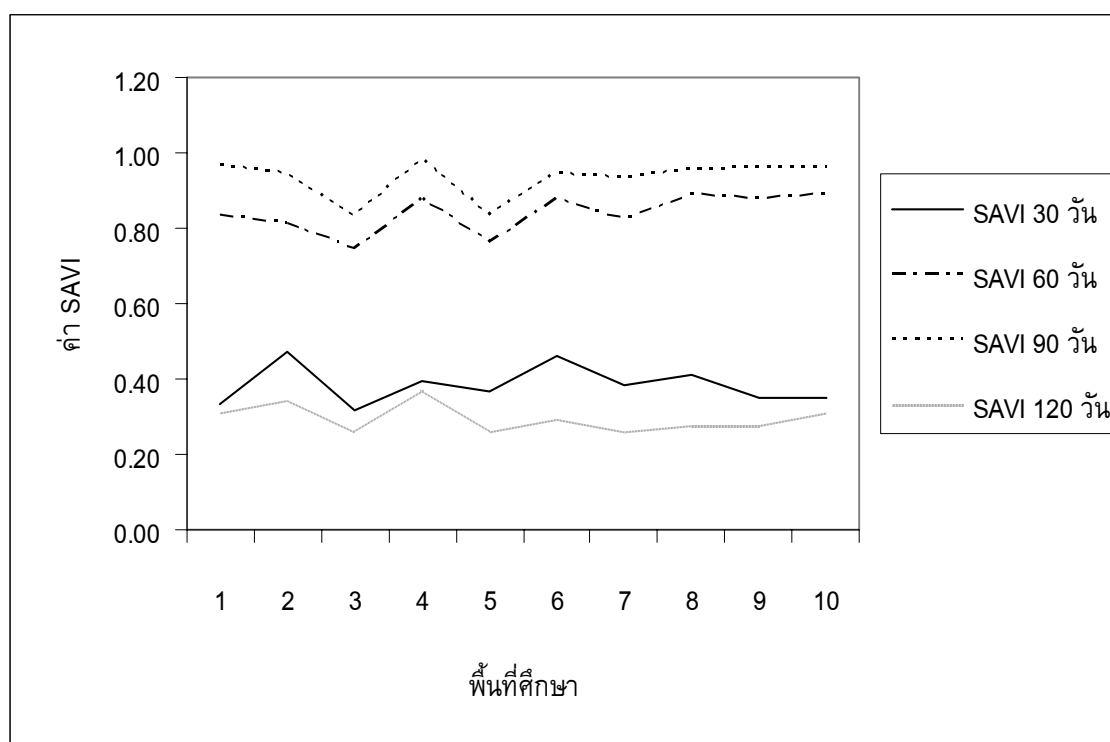
ตาราง 12 แสดงค่า SAVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
1	0.33	0.83	0.96	0.30
2	0.47	0.81	0.94	0.34
3	0.32	0.75	0.83	0.25
4	0.40	0.88	0.99	0.37
5	0.36	0.76	0.83	0.25
6	0.46	0.88	0.94	0.29

ตาราง 12 (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
	30	60	90	120
7	0.38	0.82	0.93	0.25
8	0.41	0.89	0.95	0.27
9	0.48	0.88	0.96	0.27
10	0.35	0.89	0.96	0.30
เฉลี่ย	0.40	0.84	0.93	0.29

โดยสรุปแล้ว ค่า SAVI เฉลี่ยในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เท่ากับ 0.40 และค่า SAVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เท่ากับ 0.84 จนกระทั่งในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ค่า SAVI เฉลี่ยมีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.93 จากนั้นค่า SAVI ลดลงในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เท่ากับ 0.29



ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงค่า SAVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

5. ปริมาณผลผลิต

จากการเก็บข้อมูลปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) ที่ปริมาณความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บเกี่ยว ดังแสดงในตาราง 13 พบว่า ปริมาณผลผลิตเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 998 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 1,003 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,137 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,249 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,313 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,389 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,410 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,416 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,441 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,446 กิโลกรัม/ไร่

ตาราง 13 แสดงปริมาณผลผลิตที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่ศึกษา	ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)
1	1,446
2	1,313
3	998
4	1,249
5	1,003
6	1,137
7	1,410
8	1,441
9	1,416
10	1,389

6. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยศึกษา

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยศึกษา ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และดัชนีพืช โดยนำมาหาตามสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Correlation Coefficients of Pearson) ดังนี้

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

เมื่อ r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
 n = จำนวนตัวอย่าง
 X = ตัวแปรต้น
 Y = ตัวแปรตาม

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าบวกจะมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าลบจะมีความสัมพันธ์ไปในทางกลับกัน (ยุทธพงษ์ กัยวรรณ. 2543 : 161) โดยความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีดังนี้

0.80 – 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.60 – 0.79	มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง
0.40 – 0.59	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
0.20 – 0.39	มีความสัมพันธ์กันน้อย
0.00 – 0.19	มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับมวลชีวภาพ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับมวลชีวภาพ ดังแสดงในตาราง 14 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เท่ากับ 0.64 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เท่ากับ 0.99 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เท่ากับ 0.94 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เท่ากับ -0.15

ตาราง 14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับมวลชีวภาพในแต่ละวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วันที่)			
30	60	90	120
0.64	0.99	0.94	-0.15

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับดัชนีพืช

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับดัชนีพืช ดังแสดงในตาราง 15 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับค่า RVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.96 พื้นที่ศึกษา 3, พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.97 พื้นที่ศึกษา 2, พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.98 พื้นที่ศึกษา 2 และพื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.99

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับค่า NDVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.91 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.92 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 0.93 พื้นที่ศึกษา 5 พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.94 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.96 พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.98

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับค่า IPVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 0.91 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.92 พื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.93 พื้นที่ศึกษา 1 พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.94 พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.96 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.97

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับค่า SAVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 0.91 พื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 0.93 พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 0.94 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 0.96 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.98

ตาราง 15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับดัชนีพืช ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

พื้นที่ศึกษา	RVI	NDVI	IPVI	SAVI
1	0.99	0.96	0.94	0.96
2	0.98	0.93	0.93	0.93
3	0.97	0.98	0.94	0.94

ตาราง 15 (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	RVI	NDVI	IPVI	SAVI
4	0.99	0.98	0.97	0.98
5	0.97	0.94	0.94	0.94
6	0.96	0.91	0.91	0.91
7	0.98	0.94	0.93	0.93
8	0.96	0.92	0.92	0.93
9	0.97	0.94	0.93	0.91
10	0.98	0.96	0.96	0.96
เฉลี่ย	0.98	0.95	0.94	0.94

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับค่า RVI เท่ากับ 0.98 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับค่า NDVI เท่ากับ 0.95 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับค่า IPVI เท่ากับ 0.94 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับค่า SAVI เท่ากับ 0.94

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับดัชนีพืช

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับดัชนีพืช ดังแสดงในตาราง 16 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า RVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ -0.27 พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ -0.13 พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ -0.08 พื้นที่ศึกษา 2 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ -0.05 พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ -0.02 พื้นที่ศึกษา 1 และพื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 0.02

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า NDVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ -0.26 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ -0.22 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ -0.20 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ -0.18 พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ -0.16 พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ -0.12 พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ -0.10 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ -0.07 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ -0.04

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า IPVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ -0.26 พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ -0.20 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ -0.19 พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ -0.16 พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ -0.15 พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ -0.10 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ -0.09 พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ -0.07

ตาราง 16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับดัชนีพืช ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

พื้นที่ศึกษา	RVI	NDVI	IPVI	SAVI
1	0.02	-0.07	-0.07	-0.54
2	-0.05	-0.18	-0.19	-0.18
3	-0.08	-0.16	-0.15	-0.16
4	0.02	-0.04	-0.09	-0.04
5	-0.13	-0.22	-0.20	-0.22
6	-0.13	-0.26	-0.26	-0.25
7	-0.05	-0.16	-0.16	-0.16
8	-0.08	-0.20	-0.20	-0.19
9	-0.27	-0.12	-0.10	-0.27
10	-0.02	-0.10	-0.10	-0.09
เฉลี่ย	-0.08	-0.15	-0.15	-0.21

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า SAVI ตั้งแต่วันเริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด มีดังนี้ พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ -0.54 พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ -0.27 พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ -0.25 พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ -0.22 พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ -0.19 พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ -0.18 พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ -0.16 พื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ -0.09 พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ -0.04

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า RVI เท่ากับ -0.08 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า NDVI เท่ากับ -0.15 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า IPVI เท่ากับ -0.15 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับค่า SAVI เท่ากับ -0.21

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ ดังแสดงในตาราง 17 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เท่ากับ 0.75 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เท่ากับ 0.93 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เท่ากับ 0.91 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เท่ากับ 0.05

ตาราง 17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วัน)			
30	60	90	120
0.75	0.93	0.91	0.05

6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพ ดังแสดงในตาราง 18 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน เท่ากับ 0.74 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เท่ากับ 0.94 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เท่ากับ 0.86 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เท่ากับ 0.87

ตาราง 18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วัน)			
30	60	90	120
0.74	0.94	0.86	0.87

6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพืช

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพืช ได้แก่ RVI NDVI IPVI และ SAVI ดังแสดงในตาราง 19 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน RVI เท่ากับ 0.55 NDVI IPVI และ SAVI เท่ากับ 0.53 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน RVI เท่ากับ -0.11 NDVI IPVI และ SAVI เท่ากับ 0.04 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน RVI เท่ากับ -0.27 NDVI และ IPVI เท่ากับ 0.15 SAVI เท่ากับ 0.13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน RVI เท่ากับ -0.31 NDVI และ IPVI เท่ากับ -0.30 SAVI เท่ากับ -0.29

ตาราง 19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพืช

ดัชนีพืช	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก (วัน)			
	30	60	90	120
RVI	0.55	-0.11	-0.27	-0.31
NDVI	0.53	0.04	0.15	-0.30
IPVI	0.53	0.04	0.15	-0.30
SAVI	0.53	0.04	0.13	-0.29

7. สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิต

7.1 สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นเดียว

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพ และปริมาณผลผลิตกับดัชนีพืช จึงนำมาใช้ในการสร้างสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิต จากสูตรดังนี้

$$Y = AX + B$$

หรือ

$$Y = A \ln(X) + B$$

หรือ

$$Y = AX^2 + BX + C$$

เมื่อ

$$X = \text{ตัวแปรต้น}$$

$$Y = \text{ตัวแปรตาม}$$

จากนั้นจึงนำมาคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จริงและผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการ มีสูตรดังนี้

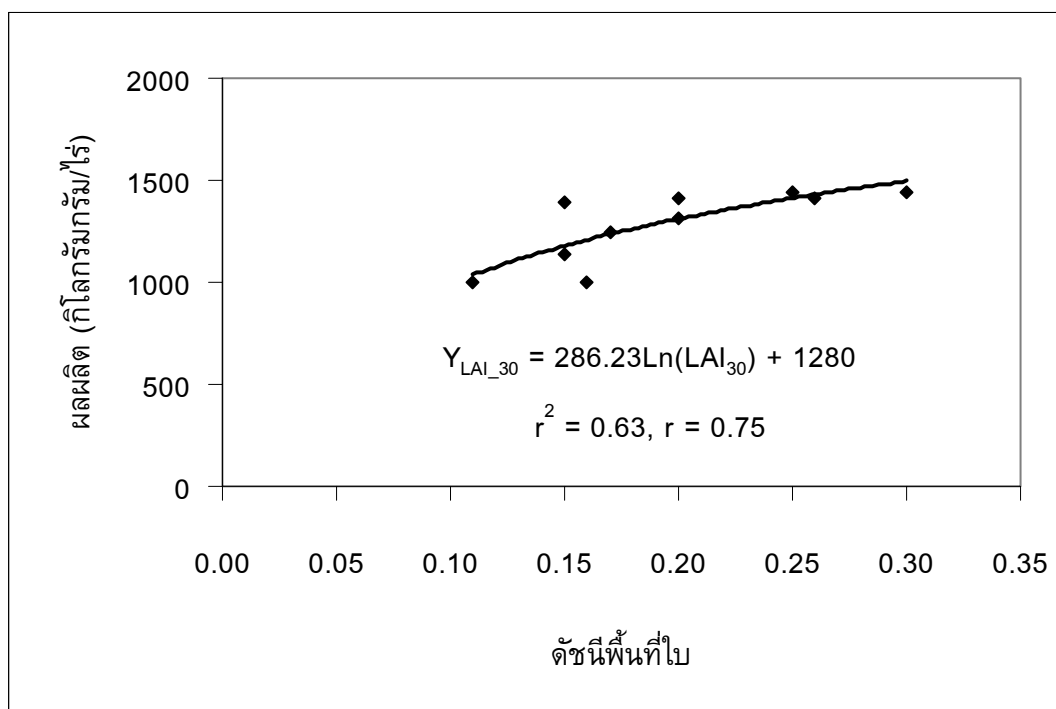
$$\text{MAPE (\%)} = \frac{(100/n) \times \sum |A_i - F_i|}{F_i}$$

เมื่อ A_i = ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จริง (กิโลกรัม/ไร่)
 F_i = ผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
 n = จำนวนค่าพยากรณ์

ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{\text{LAI}_{30}} = 286.23 \ln(\text{LAI}_{30}) + 1,280$$

เมื่อ $Y_{\text{LAI}_{30}}$ = ปริมาณผลผลิต
 LAI_{30} = ดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน



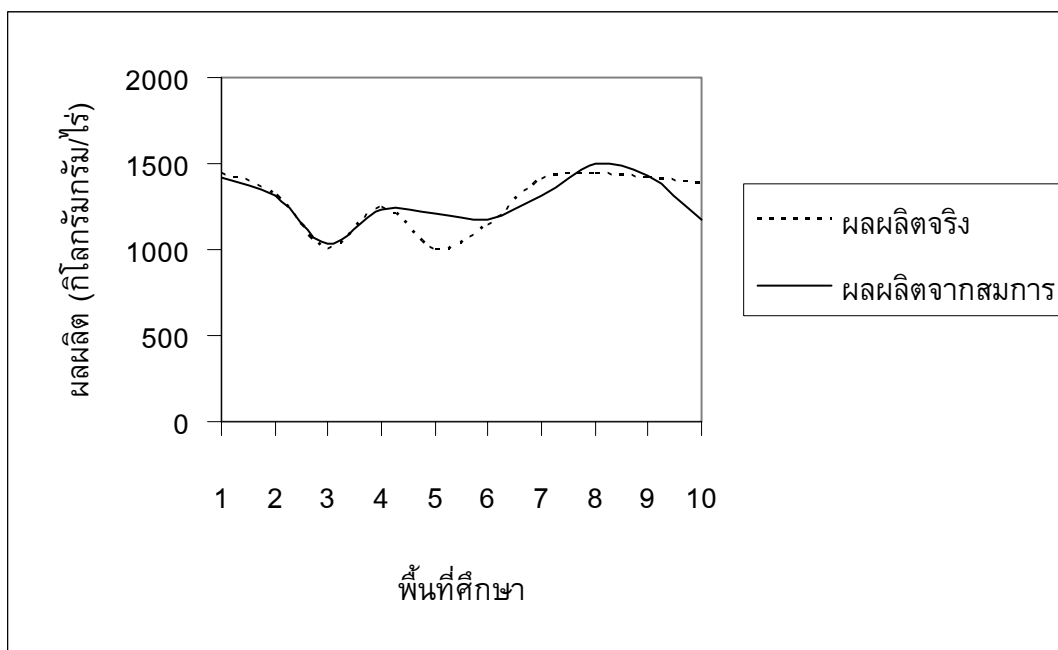
ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

ตาราง 20 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI_{30})	ผลผลิตจริง ($Y_{LAI_{30}}$) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	0.25	1,446	1,413	33
2	0.20	1,313	1,311	2
3	0.11	998	1,037	-39
4	0.17	1,249	1,237	12
5	0.16	1,003	1,209	-206
6	0.15	1,137	1,179	-42
7	0.20	1,410	1,311	99
8	0.30	1,441	1,497	-56
9	0.26	1,416	1,431	-15
10	0.15	1,389	1,179	210

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 20 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,413 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 33 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,311 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 2 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,037 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -39 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,237 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 12 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 1,209 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -206 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,179 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -42 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,311 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 99 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,497 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -56 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,431 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -15 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,179 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 210 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 5.86 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 30 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

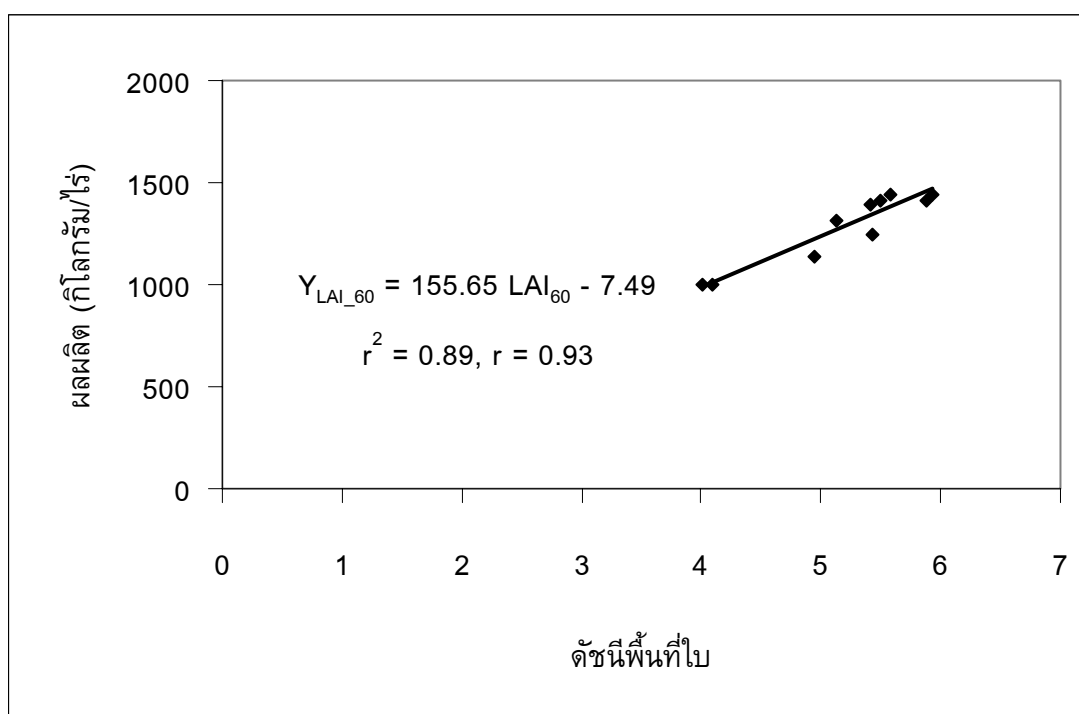
ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{LAI_{60}} = 155.65 LAI_{60} - 7.49$$

เมื่อ

$$Y_{LAI_{60}} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$LAI_{60} = \text{ดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน}$$



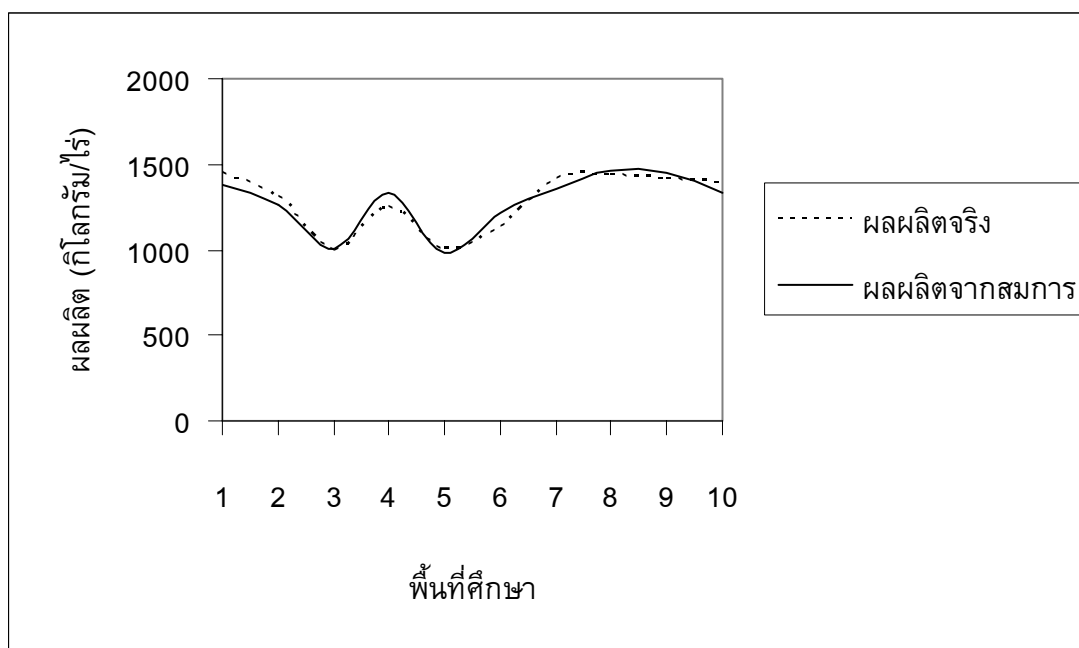
ภาพประกอบ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

ตาราง 21 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI ₆₀)	ผลผลิต (Y _{LAI_60}) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	5.58	1,446	1,377	69
2	5.13	1,313	1,265	48
3	4.10	998	1,009	-11
4	5.42	1,249	1,339	-90
5	4.01	1,003	987	16
6	4.94	1,137	1,218	-81
7	5.49	1,410	1,356	54
8	5.94	1,441	1,466	-25
9	5.88	1,416	1,453	-37
10	5.41	1,389	1,336	53

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 21 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,377 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 69 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,265 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 48 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,009 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -11 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,339 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ -90 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 987 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 16 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,218 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -81 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,356 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 54 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,466 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -25 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,453 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -37 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,336 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 53 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 3.74 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 32 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

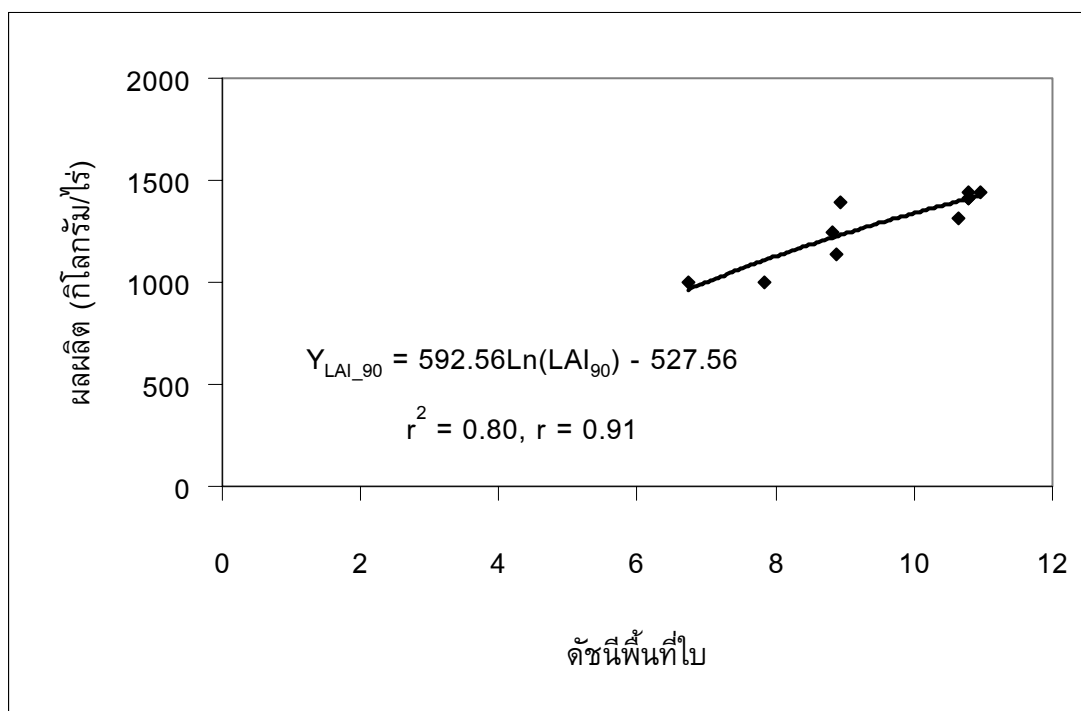
ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่ม
เพาะปลูก 90 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{LAI_90} = 592.56 \ln(LAI_{90}) - 527.56$$

เมื่อ

$$Y_{LAI_90} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$LAI_{90} = \text{ดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน}$$



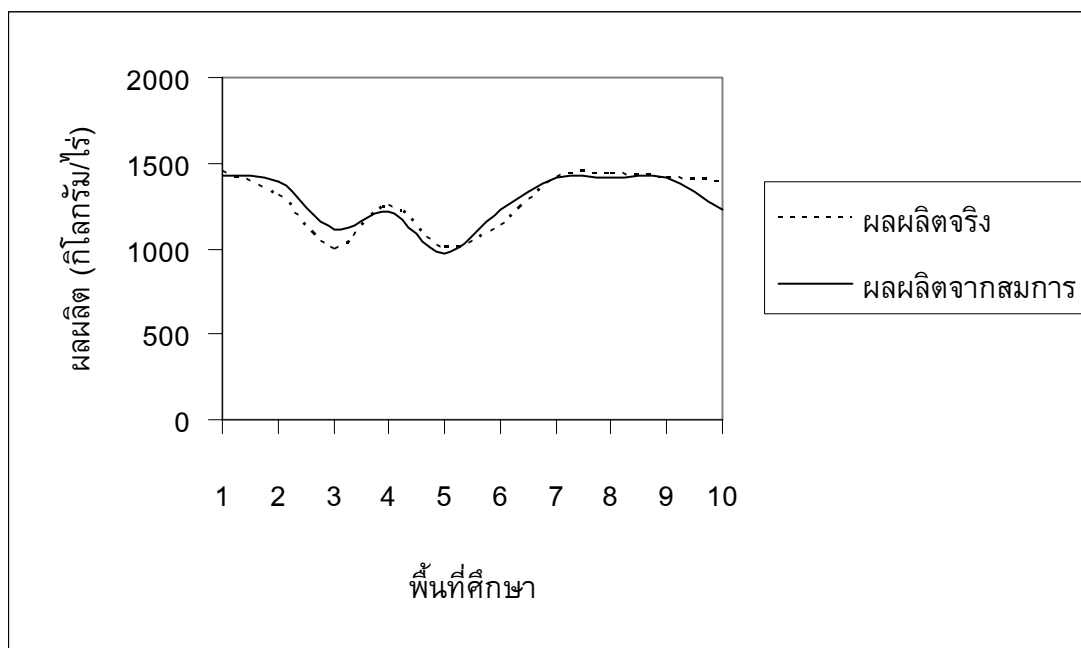
ภาพประกอบ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจาก
เริ่มเพาะปลูก 90 วัน

ตาราง 22 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI ₉₀)	ผลผลิต (Y _{LAI_90}) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	10.95	1,446	1,425	21
2	10.64	1,313	1,397	-84
3	7.83	998	1,107	-109
4	8.82	1,249	1,220	29
5	6.74	1,003	965	38
6	8.89	1,137	1,227	-90
7	10.77	1,410	1,410	0
8	10.79	1,441	1,411	30
9	10.78	1,416	1,410	6
10	8.92	1,389	1,231	158

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 22 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,425 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 21 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,397 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -84 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,107 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -109 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,220 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 29 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 965 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 38 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,227 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -90 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,410 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 0 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,411 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 30 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,410 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 6 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,231 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 158 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 4.67 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 34 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

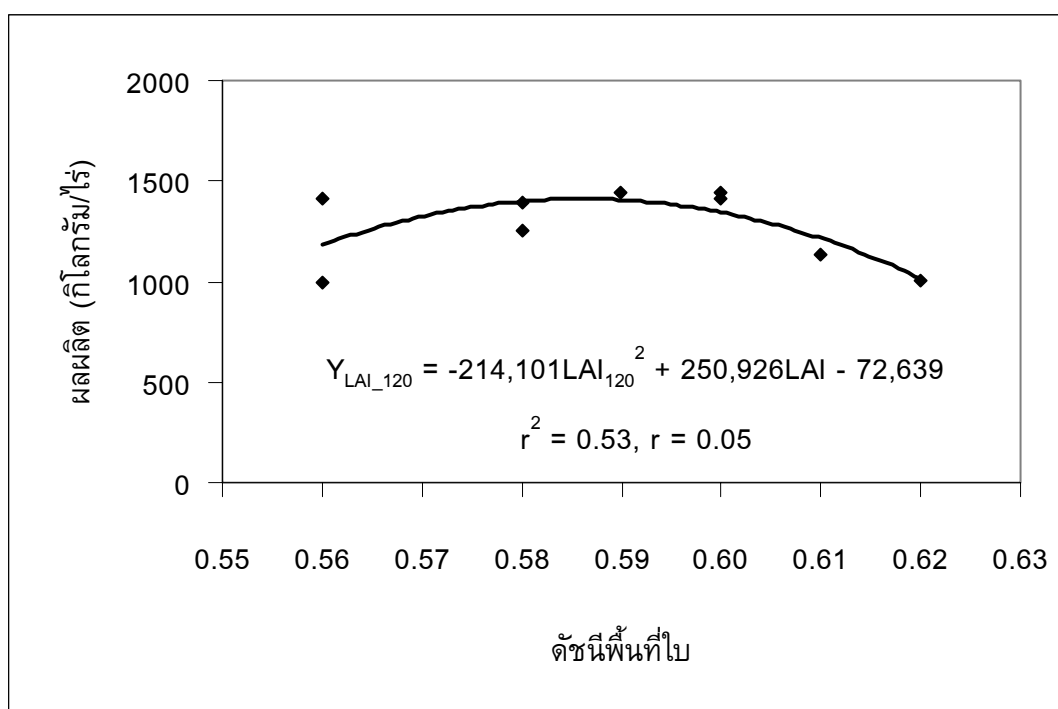
ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{LAI_{120}} = -214,101 LAI_{120}^2 + 250,926 LAI_{120} - 72,639$$

เมื่อ

$$Y_{LAI_{120}} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$LAI_{120} = \text{ดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน}$$



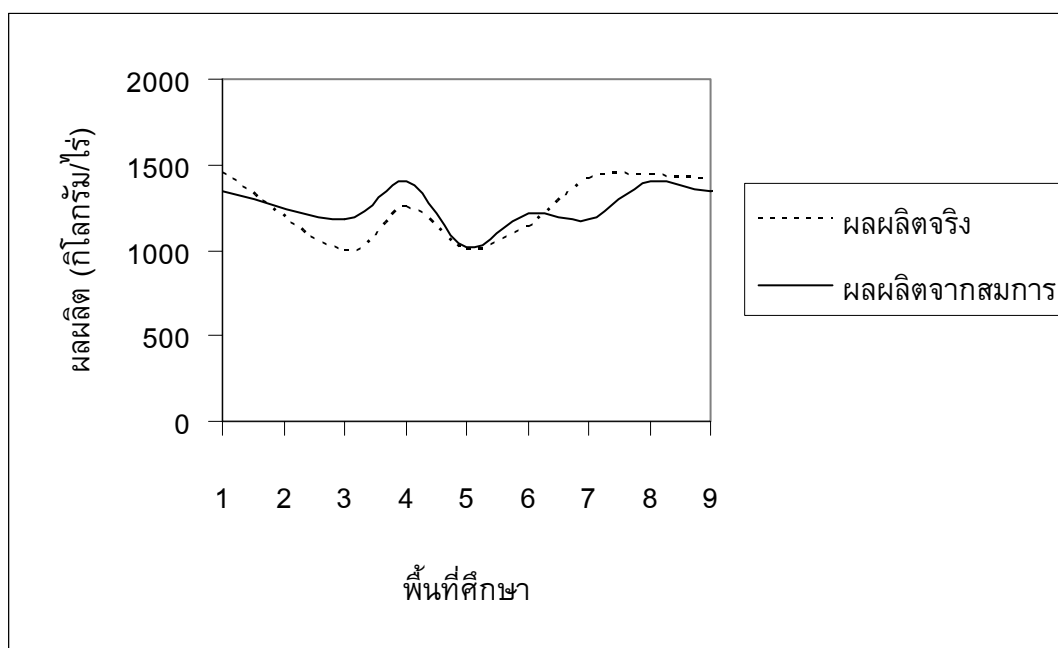
ภาพประกอบ 35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

ตาราง 23 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI_{120})	ผลผลิต ($Y_{LAI_{120}}$) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	0.60	1,446	1,344	102
2	0.67	1,313		
3	0.56	998	1,180	-182
4	0.58	1,249	1,399	-150
5	0.62	1,003	1,016	-13
6	0.61	1,137	1,214	-77
7	0.56	1,410	1,180	230
8	0.59	1,441	1,406	35
9	0.60	1,416	1,344	72
10	0.58	1,446	1,399	-10

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 23 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,344 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 102 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,180 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -182 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,399 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -150 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 1,016 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ -13 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,214 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -77 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,180 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 230 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,406 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 35 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,344 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 72 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,399 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -10 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งการศึกษาสมการไม่นำพื้นที่ศึกษา 2 มาใช้ในการสร้างสมการ เนื่องจากมีค่าแตกต่างจากพื้นที่ศึกษาอื่นๆ มาก

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 6.99 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 36 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตจริงกับปริมาณผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

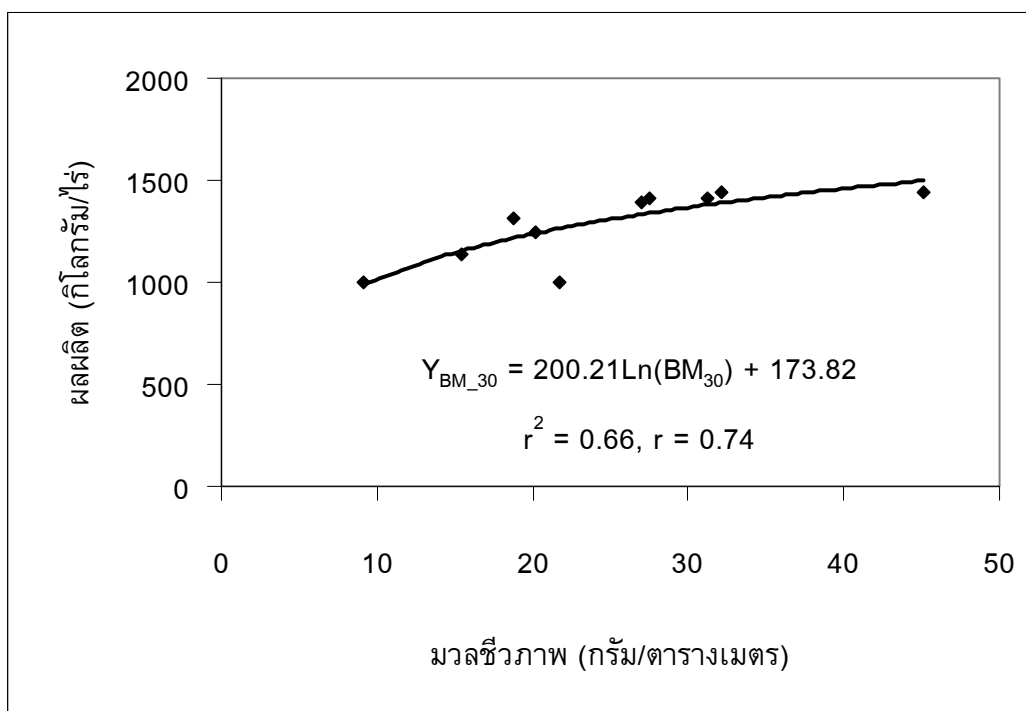
ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่ม
เพาะปลูก 30 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{BM_30} = 200.21 \ln(BM_{30}) + 173.82$$

เมื่อ

$$Y_{BM_30} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$BM_{30} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน}$$



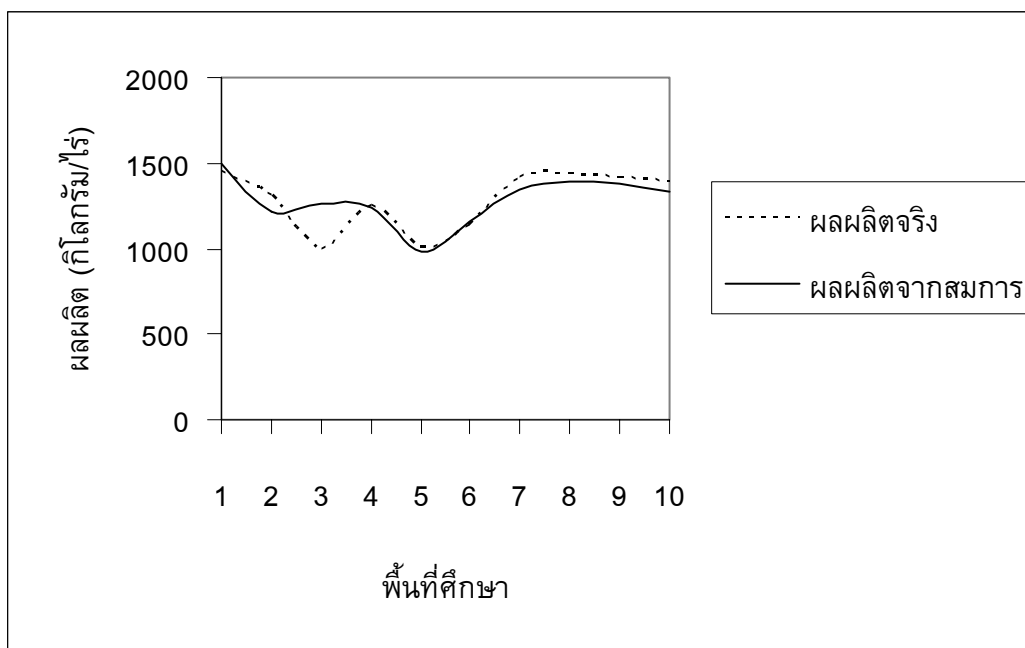
ภาพประกอบ 37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพในวันหลังจาก
เริ่มเพาะปลูก 30 วัน

ตาราง 24 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

พื้นที่ ศึกษา	มวลชีวภาพ (BM ₃₀) (กรัม/ตารางเมตร)	ผลผลิต (Y _{BM_30}) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	45.09	1,446	1,498	-52
2	18.74	1,313	1,217	96
3	21.78	998	1,265	-267
4	20.16	1,249	1,240	9
5	9.15	1,003	987	16
6	15.36	1,137	1,153	-16
7	27.50	1,410	1,340	70
8	32.08	1,441	1,389	52
9	31.28	1,416	1,381	35
10	26.93	1,389	1,333	56

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 24 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,498 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -52 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,217 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 96 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,265 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -267 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,240 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 9 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 987 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 16 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,153 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -16 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,340 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 70 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,389 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 52 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,381 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 35 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,333 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 56 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 7.09 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 38 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

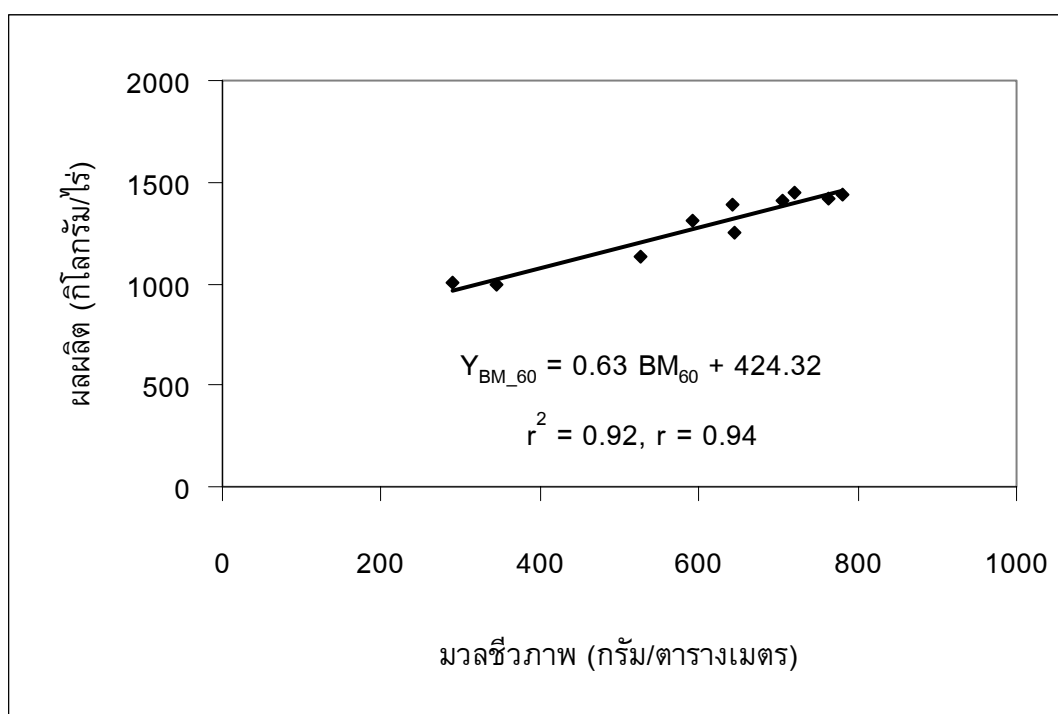
ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{BM_{60}} = 0.63 BM_{60} + 424.32$$

เมื่อ

$$Y_{BM_{60}} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$BM_{60} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน}$$



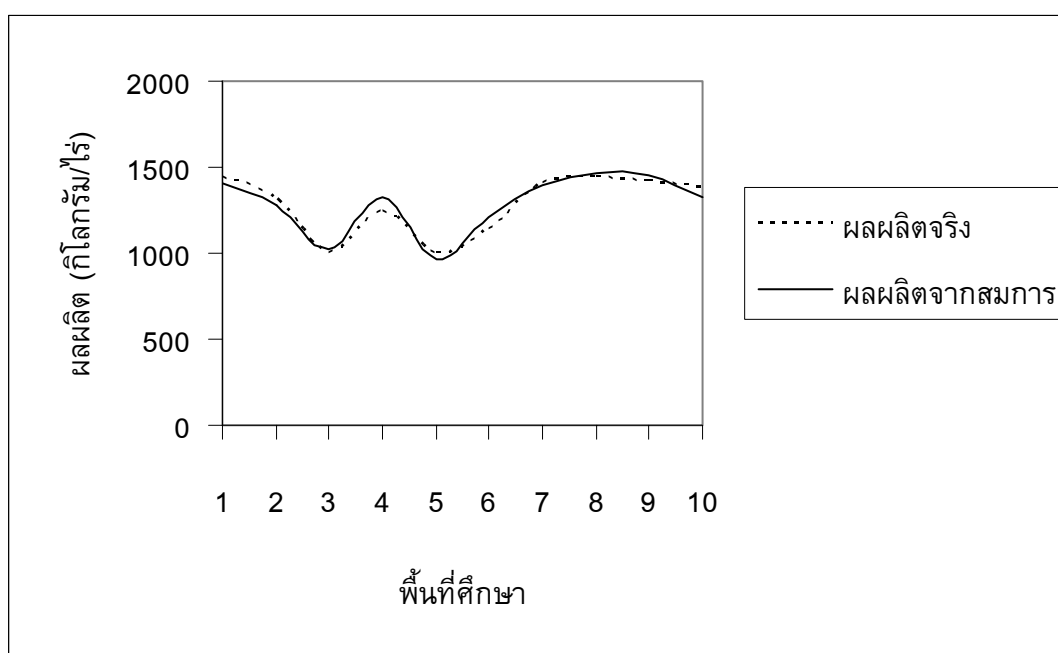
ภาพประกอบ 39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

ตาราง 25 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

พื้นที่ ศึกษา	มวลชีวภาพ (BM_{60}) (กรัม/ตารางเมตร)	ผลผลิต ($Y_{BM_{60}}$) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	721.36	1,446	1,406	40
2	590.96	1,313	1,275	38
3	343.95	998	1,026	-28
4	645.12	1,249	1,329	-80
5	288.83	1,003	970	33
6	527.40	1,137	1,211	-74
7	705.84	1,410	1,390	20
8	780.80	1,441	1,466	-25
9	763.14	1,416	1,448	-32
10	643.36	1,389	1,327	62

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 25 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,460 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 40 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,275 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 38 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,026 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -28 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,329 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ -80 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 970 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 33 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,211 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -74 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,390 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 20 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,466 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -25 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,448 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -32 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,327 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 62 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 3.45 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 40 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

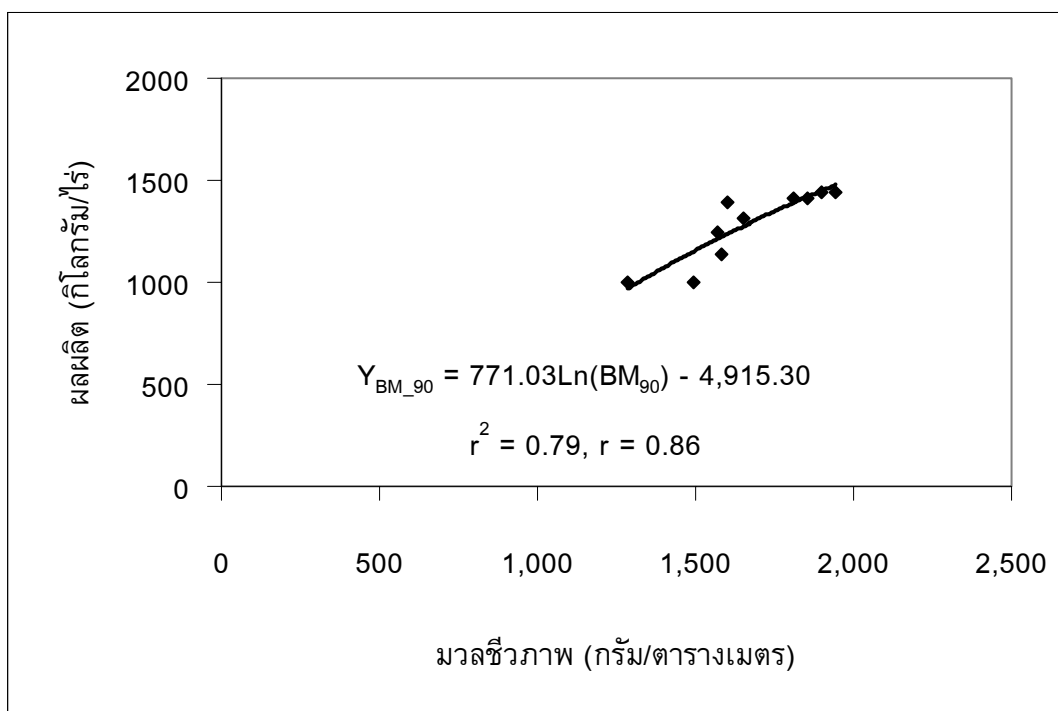
ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่ม
เพาะปลูก 90 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{BM_90} = 771.03 \ln(BM_{90}) - 4,915.30$$

เมื่อ

$$Y_{BM_90} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$BM_{90} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน}$$



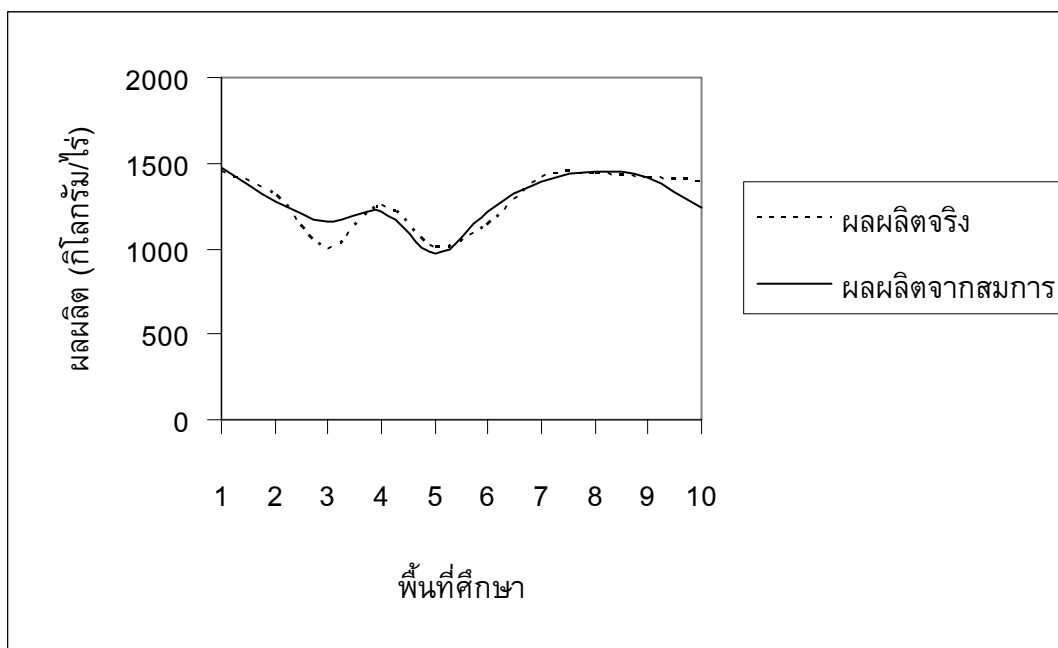
ภาพประกอบ 41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพในวันหลังจาก
เริ่มเพาะปลูก 90 วัน

ตาราง 26 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

พื้นที่ ศึกษา	มวลชีวภาพ (BM_{90}) (กรัม/ตารางเมตร)	ผลผลิต ($Y_{BM_{90}}$) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	1,942.63	1,446	1,476	-30
2	1,649.31	1,313	1,275	38
3	1,494.06	998	1,153	-155
4	1,571.51	1,249	1,215	34
5	1,286.73	1,003	968	35
6	1,581.15	1,137	1,222	-85
7	1,809.06	1,410	1,389	21
8	1,897.33	1,441	1,447	-6
9	1,854.43	1,416	1,419	-3
10	1,601.98	1,389	1,239	150

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 26 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,476 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -30 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,275 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 38 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,153 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -155 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,215 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 34 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 968 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 35 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,222 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -85 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,389 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 21 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,447 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -6 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,419 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -3 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,239 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 150 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 4.41 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 42 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

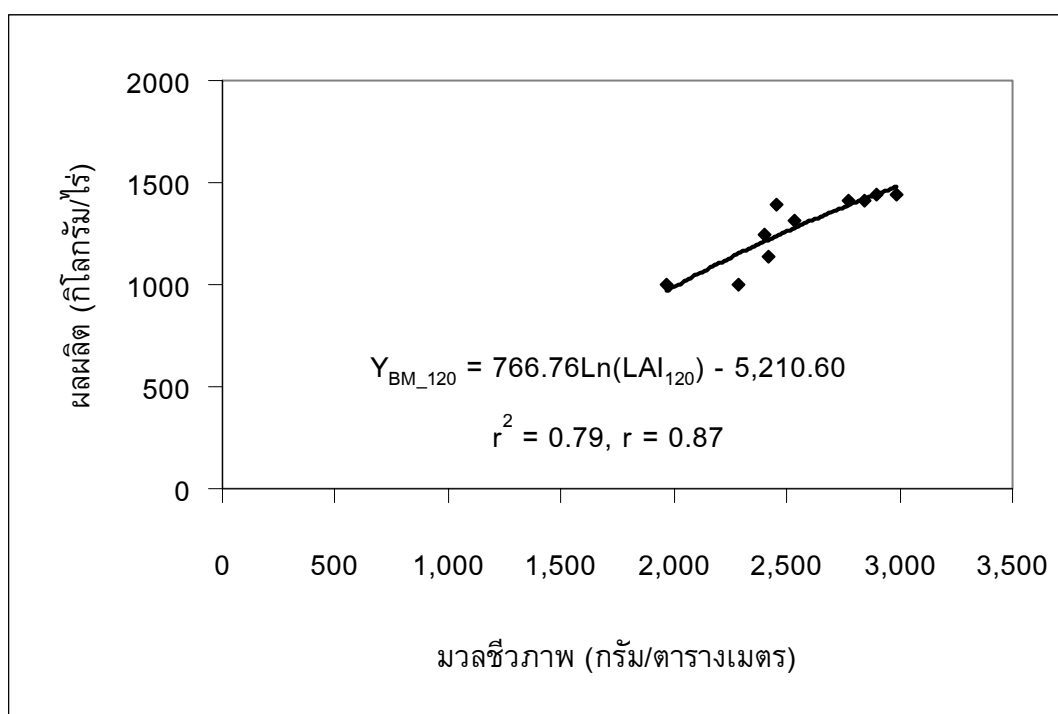
ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{BM_{120}} = 766.76 \ln (BM_{120}) - 5,210.60$$

เมื่อ

$$Y_{BM_{120}} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$BM_{120} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน}$$



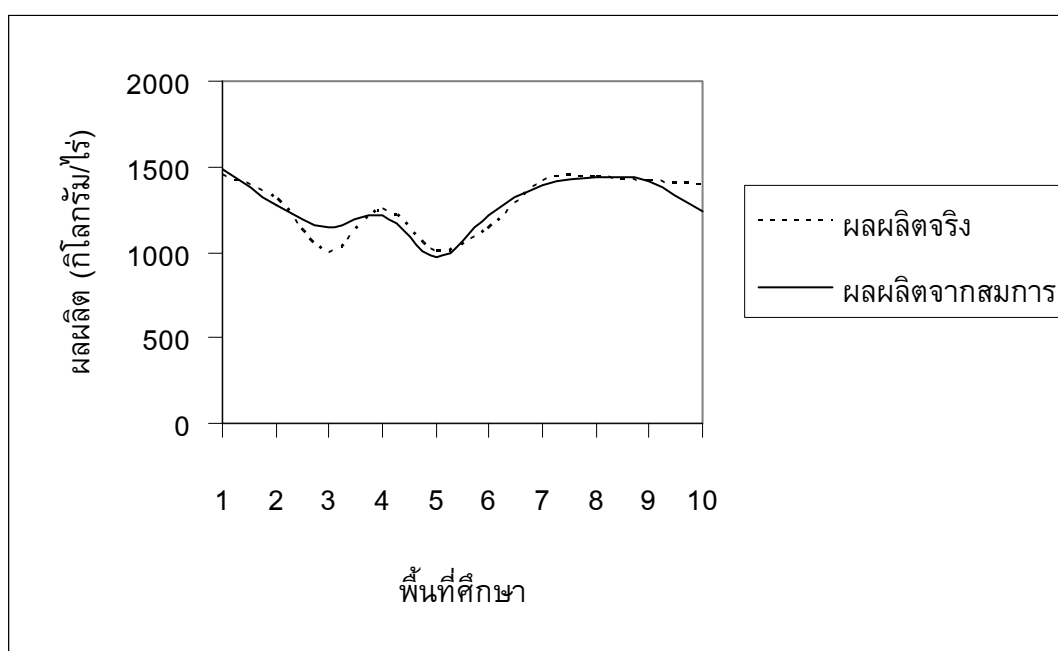
ภาพประกอบ 43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

ตาราง 27 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

พื้นที่ ศึกษา	มวลชีวภาพ (BM ₁₂₀) (กรัม/ตารางเมตร)	ผลผลิต(Y _{BM₁₂₀}) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	2,989.71	1,446	1,481	-35
2	2,531.71	1,313	1,277	36
3	2,283.04	998	1,150	-152
4	1,571.51	1,249	1,214	35
5	1,286.73	1,003	968	35
6	1,581.15	1,137	1,222	-85
7	1,809.06	1,410	1,388	22
8	1,897.33	1,441	1,443	-2
9	1,854.43	1,416	1,419	-3
10	1,601.98	1,389	1,241	148

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 27 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,481 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -35 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,277 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 36 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,150 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -152 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,214 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 35 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 968 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 35 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,222 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -85 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,388 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 22 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,443 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -2 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,419 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -3 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,241 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 148 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 4.71 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 44 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจาก มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

7.2 สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตโดยใช้สมการถดถอยพหุคูณแบบ stepwise

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI จึงนำมาใช้ในการสร้างสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิต จากสูตรดังนี้

$$Y = A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots + A_nX_n + B$$

เมื่อ

$$Y = \text{ตัวแปรตาม}$$

$$X = \text{ตัวแปรต้น}$$

ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{30} = 8.48 BM_{30} + 589.76, r^2 = 0.61$$

เมื่อ

$$Y_{30} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

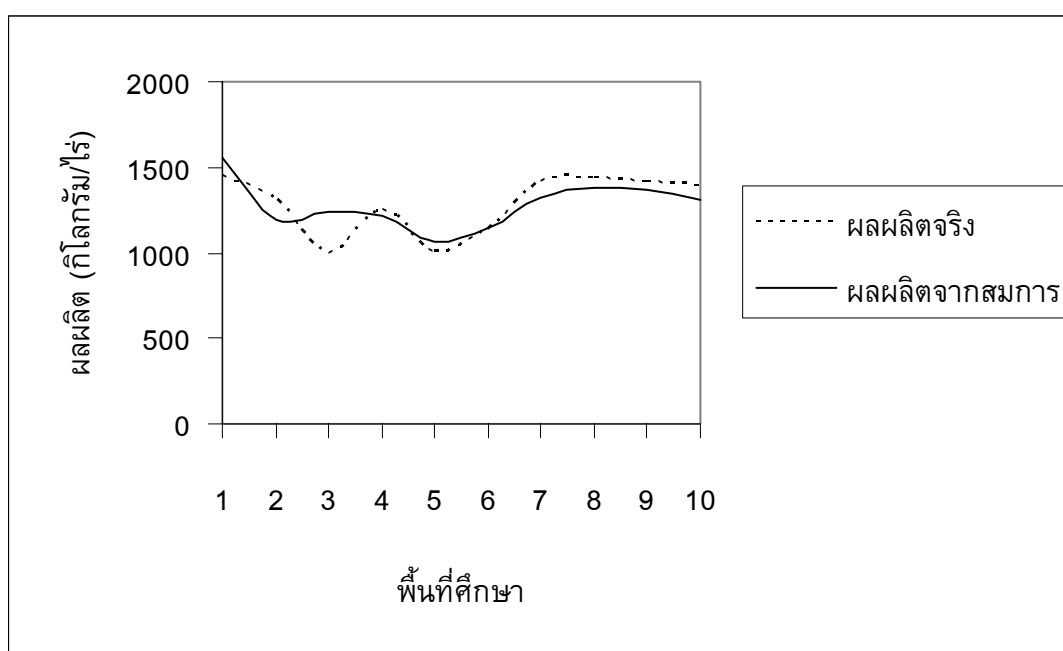
$$BM_{30} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน}$$

ตาราง 28 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

พื้นที่ ศึกษา	มวลชีวภาพ (BM ₃₀) (กรัม/ตารางเมตร)	ผลผลิต (Y _{BM_30}) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	45.09	1,446	1,555	-109
2	18.74	1,313	1,198	115
3	21.78	998	1,239	-241
4	20.16	1,249	1,217	32
5	9.15	1,003	1,068	-65
6	15.36	1,137	1,152	-15
7	27.50	1,410	1,317	93
8	32.08	1,441	1,379	62
9	31.28	1,416	1,368	48
10	26.93	1,389	1,309	80

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 28 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,555 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -109 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,198 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 115 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,239 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -241 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,217 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 32 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 1,068 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ -65 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,152 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -15 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,317 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 93 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,379 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 62 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,368 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 48 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,309 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 80 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 7.09 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 45 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{60} = 0.63 \text{ BM}_{60} + 424.33, r^2 = 0.92$$

เมื่อ

$$Y_{60} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$\text{BM}_{60} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน}$$

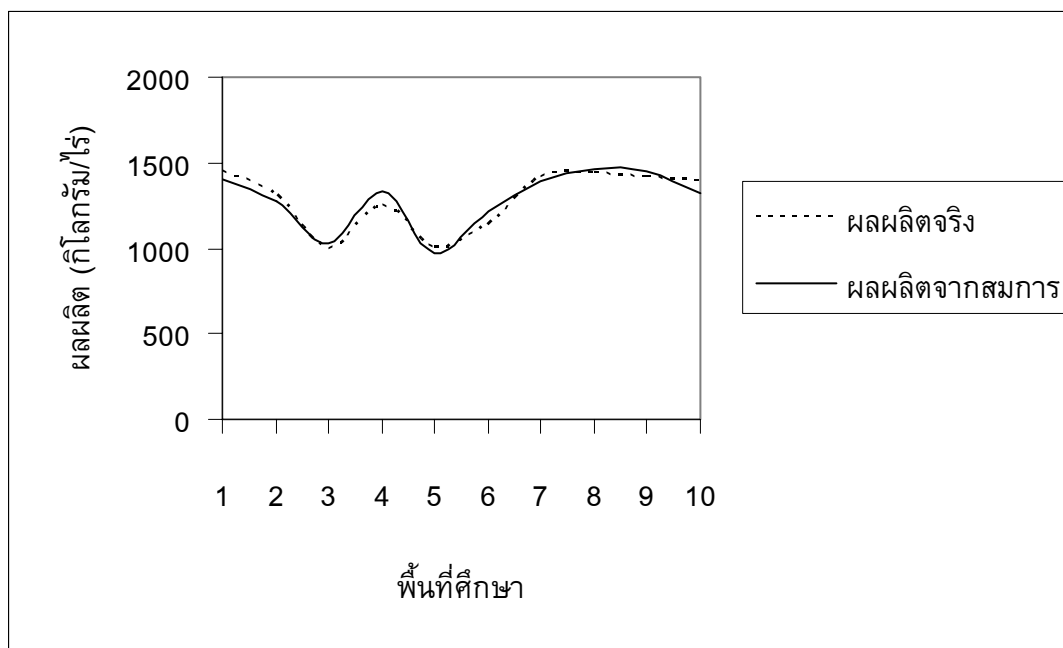
ตาราง 29 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

พื้นที่ ศึกษา	มวลชีวภาพ (BM ₆₀) (กรัม/ตารางเมตร)	ผลผลิต(Y _{BM₆₀}) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	721.36	1,446	1,406	40
2	590.96	1,313	1,275	38
3	343.95	998	1,026	-28
4	645.12	1,249	1,329	-80
5	288.83	1,003	970	33
6	527.40	1,137	1,211	-74
7	705.84	1,410	1,390	20
8	780.80	1,441	1,466	-25
9	763.14	1,416	1,448	-32
10	643.36	1,389	1,327	62

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 29 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,406 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 40 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,275 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 38 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,026 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -28 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,329 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ -80 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 970 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 33 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,211 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ -74 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,390 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 20

กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,466 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -25 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,448 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -32 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,327 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 62 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 3.45 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 46 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{90} = 66.16 LAI_{90} + 170.84, r^2 = 0.80$$

เมื่อ

$$Y_{90} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

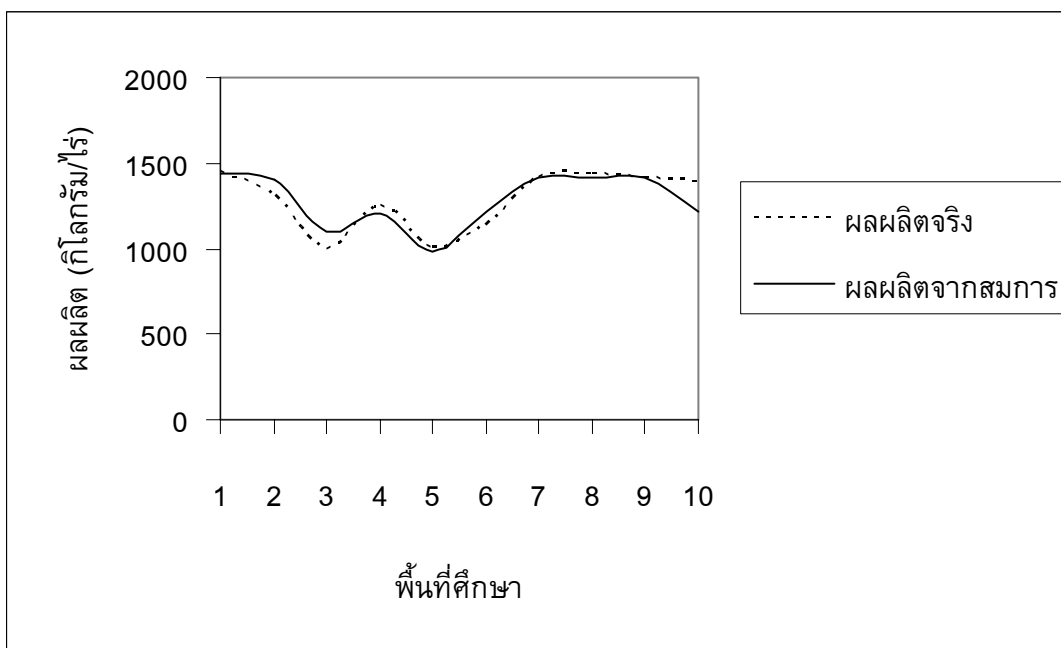
$$LAI_{90} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน}$$

ตาราง 30 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI ₉₀)	ปริมาณผลผลิต (Y _{LAI_90}) (กิโลกรัม/ไร่)	ปริมาณผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างปริมาณผลผลิตจริง กับผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	10.95	1,446	1,433	13
2	10.64	1,313	1,399	-86
3	7.83	998	1,102	-104
4	8.82	1,249	1,207	42
5	6.74	1,003	987	16
6	8.89	1,137	1,214	-77
7	10.77	1,410	1,414	-4
8	10.79	1,441	1,416	25
9	10.78	1,416	1,414	2
10	8.92	1,389	1,218	171

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 30 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,433 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 13 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,399 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -86 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,102 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -104 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,207 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 42 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 987 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 16 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,214 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -77 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,414 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -4 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,416 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 25 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,416 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 2 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,218 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 171 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 4.41 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 47 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

ผลการวิเคราะห์สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน จะได้สมการดังนี้

$$Y_{120} = 0.31 BM_{120} + 12.49, r^2 = 0.79$$

เมื่อ

$$Y_{120} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

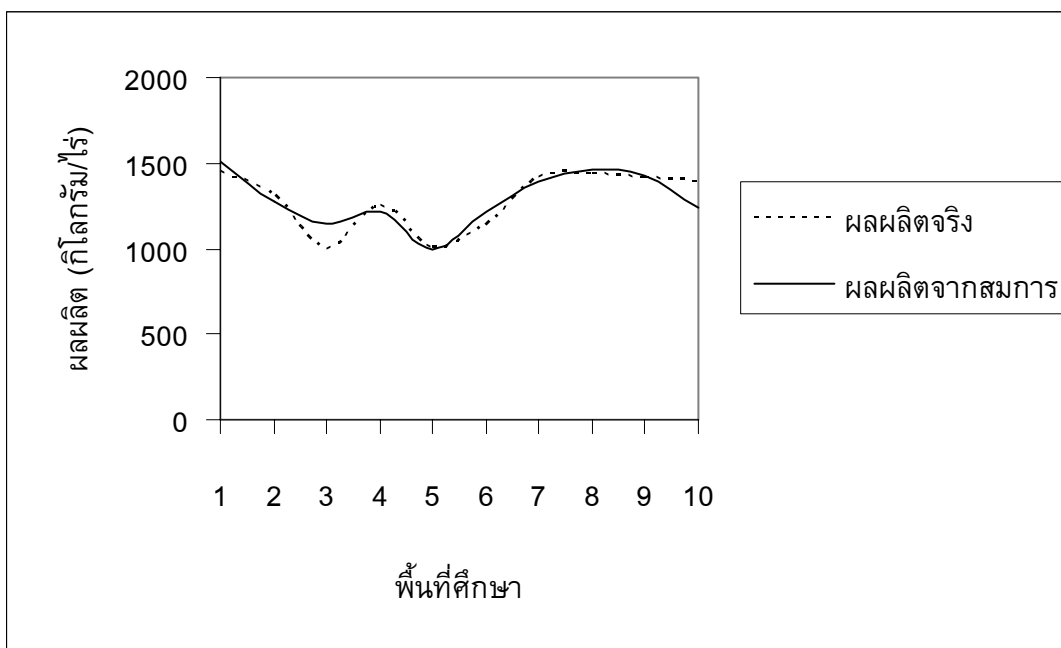
$$BM_{120} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน}$$

ตาราง 31 แสดงค่าของสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI
IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

พื้นที่ ศึกษา	มวลชีวภาพ (BM_{120}) (กรัม/ตารางเมตร)	ผลผลิต ($Y_{BM_{120}}$) (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิต จากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)	ผลต่างระหว่างผลผลิตจริงกับ ผลผลิตจากสมการ (กิโลกรัม/ไร่)
1	2,989.71	1,446	1,503	-57
2	2,531.71	1,313	1,276	37
3	2,283.04	998	1,152	-154
4	1,571.51	1,249	1,213	36
5	1,286.73	1,003	996	7
6	1,581.15	1,137	1,221	-84
7	1,809.06	1,410	1,395	15
8	1,897.33	1,441	1,457	-16
9	1,854.43	1,416	1,430	-14
10	1,601.98	1,389	1,239	150

จากการศึกษาสมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ผลผลิตที่ได้จากสมการ ดังแสดงในตาราง 31 พบว่า พื้นที่ศึกษา 1 เท่ากับ 1,503 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -57 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 2 เท่ากับ 1,276 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 37 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 3 เท่ากับ 1,152 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -154 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 4 เท่ากับ 1,213 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 36 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 5 เท่ากับ 996 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริงเท่ากับ 7 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 6 เท่ากับ 1,221 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -84 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 7 เท่ากับ 1,395 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 15 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 8 เท่ากับ 1,457 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -16 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ศึกษา 9 เท่ากับ 1,430 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ -14 กิโลกรัม/ไร่ และพื้นที่ศึกษา 10 เท่ากับ 1,239 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากผลผลิตจริง เท่ากับ 150 กิโลกรัม/ไร่

ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 4.71 เปอร์เซนต์



ภาพประกอบ 48 กราฟแสดงผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากสมการคาดคะเนปริมาณ
ผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจาก
เริ่มเพาะปลูก 120 วัน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูกของข้าวนาปรัง
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของผลผลิต (Yield), มวลชีวภาพ (Biomass), ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index) และ ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices)
3. เพื่อประมาณผลผลิตข้าวนาปรังจากดัชนีพืชพรรณ, มวลชีวภาพและดัชนีพื้นที่ใบ

สมมติฐานของการศึกษา

1. ค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวมี่ความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับดัชนีพื้นที่ใบ
2. ผลผลิตข้าวมี่ความสัมพันธ์ในทางเดียวกับมวลชีวภาพ, ดัชนีพื้นที่ใบ และดัชนีพืชพรรณ

วิธีดำเนินการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร, ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, ภาพจากดาวเทียม, ภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลจากภาคสนาม

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เครื่องกวาดภาพ, เครื่องคอมพิวเตอร์, เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของวัตถุ, เครื่องระบุตำแหน่งพิกัด, ตู้อบ, เครื่องวัดอุณหภูมิ, เครื่องมือวัดพื้นที่, เครื่องมือวัดระยะ, เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์, กล้องถ่ายภาพดิจิทัล, เครื่องพิมพ์, โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม, โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้จากฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการที่ได้มีการรวบรวมไว้แล้ว, ข้อมูลจากการออกภาคสนาม และข้อมูลจากห้องทดลอง

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล ได้สุ่มตัวอย่างเพื่อหาพื้นที่ศึกษา 10 จุด และทำการเก็บปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าว รวมทั้งเก็บข้าวเพื่อนำไปหาพื้นที่ใบและมวลชีวภาพในห้องทดลอง จากนั้นนำไปหาดัชนีพื้นที่ใบ, มวลชีวภาพ, RVI, NDVI, IPVI และ SAVI จากนั้นนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปร แล้วนำไปใช้หาสมการการประมาณผลผลิต

สรุปผลการศึกษา

การประมาณผลผลิตข้าวนาปรัง จากการสะท้อนพลังงาน ซึ่งมีตัวอย่างพื้นที่ศึกษา 10 พื้นที่ศึกษา ในตำบลบางใหญ่ อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีปัจจัยในการศึกษา ได้แก่ ปริมาณผลผลิตข้าวนาปรัง, ดัชนีพื้นที่ใบ, มวลชีวภาพ และดัชนีพืชพรรณ สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ดัชนีพื้นที่ใบทุกพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มสูงขึ้น ตั้งแต่วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน จนถึงวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน โดยวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีดัชนีพื้นที่ใบต่ำที่สุด เท่ากับ 0.11 พื้นที่ศึกษา 8 มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด เท่ากับ 0.30 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน พื้นที่ศึกษา 5 มีดัชนีพื้นที่ใบต่ำที่สุด เท่ากับ 4.01 พื้นที่ศึกษา 8 มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด เท่ากับ 5.94 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน พื้นที่ศึกษา 5 พื้นที่ใบต่ำที่สุด เท่ากับ 6.74 พื้นที่ศึกษา 1 มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด เท่ากับ 10.95 หลังจากนั้นใบจะเริ่มตายและยังมีใบเหลืองจึงทำให้ขนาดพื้นที่ใบลดลงในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน พื้นที่ศึกษา 7 และพื้นที่ศึกษา 3 มีดัชนีพื้นที่ใบต่ำที่สุด เท่ากับ 0.56 พื้นที่ศึกษา 2 มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด เท่ากับ 0.67

2. มวลชีวภาพทุกพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งเก็บเกี่ยว วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน พื้นที่ศึกษา 5 มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด เท่ากับ 9.15 กรัมต่อตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 1 มีมวลชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 45.09 กรัมต่อตารางเมตร วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน พื้นที่ศึกษา 5 มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด เท่ากับ 288.83 กรัมต่อตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 8 มีมวลชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 780.80 กรัมต่อตารางเมตร วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน พื้นที่ศึกษา 5 มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด เท่ากับ 1,286.73 กรัมต่อตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 1 มีมวลชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 1,942.63 กรัมต่อตารางเมตร วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน พื้นที่ศึกษา 5 มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด เท่ากับ 1,967.41 กรัมต่อตารางเมตร พื้นที่ศึกษา 1 มีมวลชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 2,989.71 กรัมต่อตารางเมตร

3. ในการศึกษาดัชนีพืชพรรณ ประกอบด้วยค่า RVI, NDVI, IPVI และ SAVI ทุกค่าดัชนีพืชพรรณจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน จนถึงวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน หลังจากนั้นจึงลดลงเรื่อยๆ ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับดัชนีพื้นที่ใบ

ค่า RVI วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีค่า RVI น้อยที่สุด เท่ากับ 1.55 พื้นที่ศึกษา 2 มีค่า RVI มากที่สุด เท่ากับ 1.95 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีค่า RVI น้อยที่สุด เท่ากับ 3.02 พื้นที่ศึกษา 10 มีค่า RVI มากที่สุด เท่ากับ 3.98 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 มีค่า RVI น้อยที่สุด เท่ากับ 3.55 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า RVI มากที่สุด เท่ากับ 4.90 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน พื้นที่ศึกษา 3, พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 7 มีค่า RVI น้อยที่สุด เท่ากับ 1.41 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า RVI มากที่สุด เท่ากับ 1.66

ค่า NDVI วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีค่า NDVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.22 พื้นที่ศึกษา 2 มีค่า NDVI มากที่สุด เท่ากับ 0.32 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีค่า NDVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.50 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 10 มีค่า NDVI มากที่สุด เท่ากับ

0.60 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 มีค่า NDVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.56 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า NDVI มากที่สุด เท่ากับ 0.66 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน พื้นที่ศึกษา 3, พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 7 มีค่า NDVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.17 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า NDVI มากที่สุด เท่ากับ 0.25

ค่า IPVI วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 1 มีค่า IPVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.61 พื้นที่ศึกษา 6 และพื้นที่ศึกษา 2 มีค่า IPVI มากที่สุด เท่ากับ 0.66 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีค่า IPVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.75 พื้นที่ศึกษา 4, พื้นที่ศึกษา 6, พื้นที่ศึกษา 8, พื้นที่ศึกษา 9 และพื้นที่ศึกษา 10 มีค่า IPVI มากที่สุด เท่ากับ 0.80 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 มีค่า IPVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.78 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า IPVI มากที่สุด เท่ากับ 0.83 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน พื้นที่ศึกษา 3, พื้นที่ศึกษา 5, พื้นที่ศึกษา 7, พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 9 มีค่า IPVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.59 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า IPVI มากที่สุด เท่ากับ 0.62

ค่า SAVI วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีค่า SAVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.32 พื้นที่ศึกษา 9 มีค่า SAVI มากที่สุด เท่ากับ 0.48 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน พื้นที่ศึกษา 3 มีค่า SAVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.75 พื้นที่ศึกษา 8 และพื้นที่ศึกษา 10 มีค่า SAVI มากที่สุด เท่ากับ 0.89 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน พื้นที่ศึกษา 3 และพื้นที่ศึกษา 5 มีค่า SAVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.83 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า SAVI มากที่สุด เท่ากับ 0.99 วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน พื้นที่ศึกษา 3, พื้นที่ศึกษา 5 และพื้นที่ศึกษา 7 มีค่า SAVI น้อยที่สุด เท่ากับ 0.25 พื้นที่ศึกษา 4 มีค่า SAVI มากที่สุด เท่ากับ 0.37

4. ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบและปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กันสูงที่สุดและไปในทางเดียวกัน เท่ากับ 0.93 ส่วนในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กันน้อยที่สุดและไปทางเดียวกัน เท่ากับ 0.05 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับมวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กันสูงที่สุดและไปในทางเดียวกัน เท่ากับ 0.94 ส่วนในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กันน้อยที่สุดและไปทางเดียวกัน เท่ากับ 0.74 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน 2 ที่ว่าผลผลิตมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกับดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพ

5. ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ RVI NDVI SAVI IPVI พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์สูงมาก ค่าดัชนีพืชพรรณที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์สูงที่สุด ได้แก่ RVI ส่วน NDVI SAVI IPVI มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งดัชนีพืชพรรณจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน จนกระทั่งวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ดัชนีพืชพรรณมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับดัชนีพื้นที่ใบ

ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับดัชนีพืชพรรณ มีความสัมพันธ์กันน้อยและในบางครั้งก็มีค่าไปในทางกลับกัน เนื่องจากมวลชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่วันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน จนกระทั่งวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน แต่ดัชนีพืชพรรณจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่วันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 จนกระทั่งวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน ดัชนีพืชพรรณมีแนวโน้มลดลง

6. ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณแบบ stepwise ใช้สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน ได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า r^2 เท่ากับ 0.92 ความคลาดเคลื่อนจากสมการ เท่ากับ 3.45 เปอร์เซนต์

สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 จะได้สมการดังนี้

$$Y_{60} = 0.63 BM_{60} + 424.33, r^2 = 0.92$$

เมื่อ

$$Y_{60} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$BM_{60} = \text{มวลชีวภาพในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน}$$

อภิปรายผล

1. การสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ปริมาณการสะท้อนพลังงานจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วันปริมาณการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มีค่าสูงสุดหลังจากนั้นจะลดลง ส่วนการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงปริมาณการสะท้อนพลังงานจะมีการสะท้อนที่ใกล้เคียงกันและเพิ่มขึ้นในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เนื่องจากข้าวในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน มีการสร้างใบขนาดเล็กซึ่งส่งผลให้พื้นที่ใบน้อยและปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สะสมอยู่ในใบมีน้อยจึงทำให้ใบมีการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ลดลงและสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงมาก ซึ่งสอดคล้องกับ ประพาส วีระแพทย์ (2531 : 80) ที่กล่าวว่าในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน ข้าวจะมีใบงอกใหม่ทุกๆ 3-4 วัน แต่เมื่อข้าวในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 และ 90 วัน ซึ่งระยะนี้ข้าวมีการแตกกอสูงสุดและมีการเจริญเติบโตของใบ เช่นเดียวกับ อัมมาร สยามวาลา; และวิโรจน์ ณะระนอง (2533 : 6) กล่าวว่าข้าวจะแตกกอสูงสุดในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน จึงทำให้จำนวนใบและขนาดของใบเพิ่มขึ้นเป็นผลให้พื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สะสมในใบเพิ่มขึ้น ทำให้การสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้เพิ่มขึ้นและการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงน้อยลง จากนั้นเมื่อข้าวอยู่ในวันที่หลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน ใบจะเริ่มมีสีเหลือง

เช่นเดียวกับ ประพาส วีระแพทย์ (2531 : 80) กล่าวว่าไว้ในช่วงระยะการเจริญเติบโตของเมล็ดใบจะเริ่มแห้งและเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ทำให้พื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สะสมในใบลดลง การสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะลดลงและการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกิบสันและเพอร์เวอร์ ที่กล่าวว่าพืชพรรณธรรมชาติที่สมบูรณ์จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีปริมาณมากมีผลให้สะท้อนพลังงานได้ดีในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงไม่ดี หากพืชพรรณที่ใกล้ตายหรือมีใบที่เหี่ยวเฉาแล้วจะมีการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดน้อยลง และสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงเพิ่มขึ้น (Gibson; & Power. 2000 : 27)

2. ดัชนีพื้นที่ใบในแต่ละพื้นที่ศึกษามีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันเริ่มทำการเพาะปลูกจนกระทั่งมีค่าการสะท้อนสูงสุดในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน เริ่มลดลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่นเดียวกับดัชนีพืชพรรณ เนื่องจากข้าวในระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบการแตกกอและใบน้อยจึงมีพื้นที่ใบน้อยทำให้คลอโรฟิลล์มีปริมาณน้อยส่งผลให้เกิดการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้น้อยกว่าการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดง เมื่อเปรียบเทียบเป็นดัชนีพืชพรรณออกมาแล้วปรากฏว่ามีค่าน้อย หลังจากข้าวเริ่มมีการแตกกอและใบมีการเจริญเติบโตทำให้พื้นที่ใบมีมากขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์มากขึ้น การสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มีมากกว่าการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงซึ่งมีการสะท้อนพลังงานน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบเป็นดัชนีพืชพรรณออกมาแล้วปรากฏว่ามีค่ามากขึ้น ซึ่งดัชนีพื้นที่ใบและดัชนีพืชพรรณจะเพิ่มจนสูงสุดประมาณวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน หลังจากนั้นใบจะเริ่มเหลืองและตายทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงเพิ่มมากขึ้นดังเช่น สเวนและเดวิส (Swain & Davis.1978 : 233) กล่าวว่าเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงจะเป็นผลให้เกิดการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงเพิ่มขึ้น มนุษย์จึงมองเห็นพืชพรรณธรรมชาติเป็นสีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับซองชิง ยวงยี และบูลิน ที่ศึกษาการสะท้อนพลังงานของข้าวพบว่าการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงจะเริ่มลดลงตั้งแต่เริ่มทำการเพาะปลูกจนถึงช่วงระยะข้าวออกทรงการสะท้อนพลังงานในความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงจะเพิ่มขึ้น (Zhongxing; Yanyi; & Boolin. 2007 : Online) ทำให้เมื่อดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นดัชนีพืชพรรณก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ถ้าดัชนีพื้นที่ใบลดลงดัชนีพืชพรรณก็จะลดลงเช่นกัน ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์กันสูงและมีทิศทางไปในทางเดียวกัน ซึ่งคล้ายกับ มัคเฮอร์จีและสาสตรีย์ ได้ศึกษาการสะท้อนพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาเพาะปลูกของมะเขือเทศพบว่า ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกและมีค่าสูงสุดในช่วง 80-90 วันหลังจากเริ่มการเพาะปลูกหลังจากนั้นก็ลดลงเมื่อใบมีสีเหลือง (Mukherjee; & Sastri. 2007 : Online)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวกับดัชนีพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันโดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เท่ากับ 0.93 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำสุดในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน เนื่องจากในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

ดัชนีพื้นที่ใบมีค่าลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวกับมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันโดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูงตั้งแต่วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน จนถึงวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วันแต่วันที่มีค่าประสิทธิ์สหสัมพันธ์กันสูงสุด คือ วันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน เนื่องจากมวลชีวภาพได้ซึ่งพร้อมรวงข้าวจึงทำให้เมื่อมวลชีวภาพสูงปริมาณผลผลิตก็จะสูงด้วย เช่นเดียวกับผลการศึกษาของอิโนอุอิ โมราน และโฮริเอะ พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน จึงสามารถนำไปสร้างเป็นสมการเพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตของข้าวได้ (Inoue; Moran; & Horie. 1997 :743-750) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงนำผลผลิตของข้าว มวลชีวภาพ ดัชนีพื้นที่และดัชนีพืชพรรณไปใช้ในการสร้างสมการถดถอยพหุคูณ แบบ stepwise และเมื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้จากสมการพบว่า สมการคาดคะเนปริมาณผลผลิตจากดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ RVI NDVI IPVI และ SAVI ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน มีความคลาดเคลื่อนจากสมการเท่ากับ 3.45 เปอร์เซนต์ โดยสมการที่ได้มีดังนี้

$$Y_{60} = 0.63 \text{ BM}_{60} + 424.33, r^2 = 0.92$$

เมื่อ

$$Y_{60} = \text{ปริมาณผลผลิต}$$

$$\text{BM}_{60} = \text{มวลชีวภาพในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน}$$

ข้อบกพร่องในการศึกษา

1. ในการศึกษาไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำและปุ๋ยที่เกษตรกรใช้จึงทำให้ผลผลิตที่ได้ออกมามีความคลาดเคลื่อน
2. การเก็บข้อมูลเพื่อทำการศึกษ ควรเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาแต่ละพื้นที่ให้มีปริมาณมากแล้วนำมาค่าเฉลี่ยจะทำให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาความแตกต่างของการสะท้อนพลังงานของข้าวพันธุ์ต่างๆ และสร้างสมการทำนายผลผลิตข้าว
2. ศึกษาดัชนีพืชพรรณที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมมาเปรียบเทียบกับดัชนีพืชพรรณที่ได้จากสเปกโตรมิเตอร์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมการค้าภายใน. (2543). ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- กรมการปกครอง. (2549). ประกาศสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง เรื่อง จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร แยกเป็นกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่างๆ ตามหลักฐานทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2549. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2550, จาก <http://www.dopa.go.th/dopanew/pop2549.html>.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (มปป). ข้าว. กรุงเทพฯ: ศูนย์การทหารราบ. (เอกสารวิชาการ ชุดพืชศาสตร์ ที่ 4)
- กองวางแผนการใช้ที่ดิน. (2531). แผนการใช้ที่ดินจังหวัดสุพรรณบุรี. กรุงเทพฯ: กองฯ.
- คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุในคณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ. (2544). วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิปัญญา จังหวัดสุพรรณบุรี. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการฯ.
- จรัส โปร่งศิริวัฒนา. (2534). ความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จุฑามาศ พร้อมมูล. (2531). การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชด้วยวิธีการไม่ทำลายตัวอย่างโดยการวัดการสะท้อนรังสีแสง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชาญ มงคล. (2536). ข้าว. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู. (ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63)
- ประพาส วีระแพทย์. (2531). ความรู้เรื่องข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ประภา กาหยี่. (2542). ข้าว. ภูเก็ต: โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏภูเก็ต.
- ปิติชัย พงษ์วานิชอนันต์. (2543). สุพรรณบุรี. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: เอสพีเอฟ พรินติ้งกรุ๊ป.
- ยุทธพงษ์ กัยวรรณ. (2543). พื้นฐานการวิจัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วรเดช จันทรศร; และ สมบัติ อยู่เมือง. (2545). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบริหารภาครัฐ. กรุงเทพฯ: สมาคมนักวิจัยมหาวิทยาลัยไทย.
- วิยะดา ตันวัฒนากุล. (2548). การวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการถดถอยชนิดต่างๆ และการวิเคราะห์ปัจจัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. เชียงใหม่: หน่วยพิมพ์เอกสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- วิษณุ ดำรงสัจจิศิริ. (2544). การประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม. (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- เศรษฐกิจการเกษตรท้องถิ่น. (2547). สมุดคู่มือและแบบบันทึกการสำรวจผลผลิตต่อไร่ โดยวิธีการตั้งแปลงเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวนาปรัง ปี 2550 ของ เศรษฐกิจการเกษตรท้องถิ่น (ศกท.). กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศิริชัย อารยะรังษฤษฎ์; วันเพ็ญ ทองจุฑา; และ ประเจียด บัวศรี. (2537). แผนการใช้ที่ดินเพื่อรองรับภัยแล้งในพื้นที่ชลประทาน จังหวัดสุพรรณบุรี. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุพรรณ กาญจนสุธรรม. (2550, 5 มีนาคม). สัมภาษณ์โดย สมสิริ สวัสดิ์เฉลิม ที่สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2538). จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย ฉบับย่อ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2550). การพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2550, จาก http://www.oae.go.th/mis/Forecast/journal/for_method.html.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2546). สถิติการปลูกพืชที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี. สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2547, จาก http://www.oae.go.th/zone/zone7/sta_supan.htm.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2547). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2547. นนทบุรี: สหมิตรพรินติ้ง.
- อภิชาติ พงษ์ศรีหตุลชัย; และ คณะ. (2540). รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การติดตามการเพาะปลูกข้าวโดยใช้ข้อมูล SAR จากดาวเทียม ERS-1 ในจังหวัดกาญจนบุรี. ใน รายงานผลการดำเนินงาน โครงการความร่วมมือด้านการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมระบบเรดาร์ ERS-1 ระหว่างประชาคมยุโรปกับภูมิภาคอาเซียน. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. ภาคผนวก จ. กรุงเทพฯ: อาร์ตโปรเกรส.
- อภิรักษ์ ชันธิราช. (2545). การประยุกต์ใช้ข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจำแนกพื้นที่ป่าไม้และการประมาณมวลชีวภาพป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน-ห้วยสำราญ จังหวัดสุรินทร์. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม. (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อรรควุฒิ ทัศนสองชั้น. (2526). เรื่องของข้าว. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัมมาร สยามวาลา; และ วิโรจน์ ณ ระนอง. (2533). *ประมวลความรู้เรื่องข้าว*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

- AIT. (2003). *Remote Sensing Laboratory: Laboratory Exercise 1 Spectral Reflectance of Object*. Pathumthani : Asian Institute of Technology.
- American Meteorological Society. (2007). *Glossary of Meteorology*. Retrieved March 6, 2007, from <http://amsglossary.allenpress.com/glossay/browse?s=v&p=7>.
- Bantilan Jr., F.T.; & Prasad, K.S. (2000). Maps – Types, Layout, and Designing. in *GIS Application in Cropping System Analysis : Case Studies in Asia : Proceedings of the International Workshop on Harmonization of Databases for GIS Analysis of Cropping Systems in the Asia Region, 18-29 August 1997, ICRISAT, Patancheru, India*. Pande, S; & et al. pp. 23 – 26. Andhra Pradesh: ICRISAT.
- Baret, F. (1995). Advances in Field Spectroscopy. *Advances in Environmental Remote Sensing*. Danson, F.M.; & Plummer, S.E. pp. 38 Chichester. Wiley.
- Barrett, Eric C.; & Curtis, Leonard F. (1992). *Introduction to Environmental Remote Sensing*. 3rd ed. London: Chapman & Hall.
- BIOTOL; Open Universiteit (Heerlen, Netherlands); & University of Greenwich. (1994). *Crop Productivity*. Oxford: Butterworth-Heiremann.
- Burrough, Peter A.; & McDonnell, Rachael A. (1998). *Principles of Geographic Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Campbell, James B. (2002). *Introduction to Remote Sensing*. 3rd ed. New York: Guilford Press.
- Canada Centre for Remote Sensing. (2006). *Glossary of Remote Sensing Terms*. Retrived October 21, 2006, from http://ccrs.nrcan.gc.ca/glossary/index_e.php?n=1938.
- Chang, Kang-Tsung. (2002). *Introduction to Geographic Information Systems*. Boston: McGraw-Hill.
- Chen, Zhikang.; Elvidge, Christopher D.; & Groeneveld, David P. (1999). Vegetation Change Detection using High Spectral Resolution Vegetation Indices. *Remote Sensing Change Detection : Environmental Monitoring Methods and Applications*. Lunetta, Ross S.; & Elvidge, Christopher D. pp. 181-190. London: Taylor & Francis.

- Counce, Paul A.; Gealy, David R.; & Sung, Shi-Jean Susana. (2003). Rice Physiology. Rice : Origin, History, Technology, and Production. Smith, C.Wayne.; & Dilday, Robert H. pp. 129-152 Hoboken. Wiley.
- Dangermond, Jack. (1992). What is Geographic Information System (GIS)?.
Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and Standards. Johnson, A.I.; Pettersson, C.B.; & Fulton, J.L. pp. 11-17. Philadelphia: ASTM.
- De Datta, Surajit K. (1981). *Principles and Practices of Rice Production*. New York: Wiley.
- De Jong, S.M.; Pebesma, E.J.; & Lacaze, B. (2003). Above–Ground Biomass Assessment of Mediterranean Forest using Airborne Imaging Spectrometry : the DAIS Payne Experiment. *International Journal of Remote Sensing*. 24(7) : 1505-1520.
- Dijk, Van A. (1993). Remote Sensing and Crop Yield Prediction. *Land Observation by Remote Sensing : Theory and Applications*. Buiten, Henk J.; & Clevers, Jan G.P.W. pp. 341-358. Switzerland: Gordon and Beach Science.
- Enclona, E.A.; et al. (2004). Within-Field Wheat Yield Prediction from IKONOS Data : A New Matrix Approach. *International Journal of Remote Sensing*. 25(2) : 377-388.
- Gibson, Paul J. (2000). *Introductory Remote Sensing : Principles and Concepts*. London: Routledge.
- Gibson, Paul J.; & Power, Clare H. (2000). *Introductory Remote Sensing : Digital Image Processing and Applications*. London: Routledge.
- Glossary of Remote Sensing*. Retrieved October 21, 2006, from <http://gaf.de/presshelp/glossary/p81.htm>.
- Heryanto, R. Bambang. (2001). *Rice Crop Yield Estimation using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques : A Case Study in Subang, West Java, Indonesia*. Master Thesis. (Science). Bangkok: Graduate School, Asian Institute of Technology. Photocopied.
- Inoue, Y.; Moran, M.S.; & Horie, T. Predicting Potential and Actual Crop Growth and Yield Based on A Simulation Model With Remotely Sensed Spectral Measurements. *Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing*. Guyot, Gerard.; & Phulpin, Thierry. Rotterdam: A.A.Balkema.
- Jenson, John R. (2000). *Remote Sensing of the Environment : An Earth Resource Perspective*. New Jersey: Prentice Hall.

- Kramer, Herbert J. (1992). *Earth Observation Remote Sensing : Survey of Missions and Sensors*. Berlin: Springer – Verlag.
- Labas, M.P.; et al. (2002). Wheat Yield Estimates using Multi – Temporal NDVI Satellite Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 23(20) : 4169-4180.
- Lillesand, Thomas M.; & Kiefer, Ralph W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 3rd ed. New York: Wiley.
- Lillesand, Thomas M.; & Kiefer, Ralph W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 4th ed. New York: Wiley.
- Lillesand, Thomas M.; Kiefer, Ralph W.; & Chipman, Jonathan W. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5th ed. New York: Wiley.
- Mather, Paul M. (1999). *Computer Processing of Remotely – Sensed Image : An Introduction*. 2nd ed. Chichester: Wiley.
- Metternicht, G. (2003). Vegetation Indices Derived from High-Resolution Airborne Videography for Precision Crop Management. *International Journal of Remote Sensing*. 24(14) : 2855-2877.
- Milton, E.J.; Rollin, E.M.; & Emery, D.R. (1995). Advances in Field Spectroscopy. *Advances in Environmental Remote Sensing*. Danson, F.M.; & Plummer, S.E. pp. 9-32 Chichester. Wiley.
- Mukherjee, J.; & Sastri, C.V.S. (2007). *Spectral Characteristics of Tomato (Lycopersicon Esculentum Mill.) in Different Sowing Dates*. Retrieved February 8, 2007, from <http://www.gisdevelopment.net/application/agriculture/production/agric0007.htm>.
- Oppelt, N.; & Mauser, W. (2004, 10 January). Hyperspectral Monitoring of Physiological Parameters of Wheat During A Vegetation Period Using AVIS Data. *International Journal of Remote Sensing*. 25(1):145-159.
- Rajapakse, R.M.S.S.; Tripathi, N.K.; & Honda, K. (2002). Spectral Characterization and LAI Modelling for the Tea Canopy. *International Journal of Remote Sensing*. 23(18) : 3569-3577.
- Ray, Terrill W. (1994, October). *A FQA on Vegetation in Remote Sensing*. (Online). Retrieved June 27, 2004, from <http://www.itc.nl/~bakker/satfaq/rsvefaq.txt>.
- Sabins, Floyd F. (1997). *Remote Sensing : Principles and Interpretation*. 3rd ed. New York: W.H. Freeman.

- Sannier, C.A.D.; Tatlor, J.C.; & Plessis, W.Du. (2002). Real – Time Monitoring of Vegetation Biomass with NOAA – AVHRR in Etosha National Park, Namibia, for Fire Risk Assessment. *International Journal of Remote Sensing*. 23(1) : 71-89.
- Seeni Mohd, Mohd Ibrahim.; Ahmad, Samsudin.; & Abdullah, Adeli. (1994). *Agriculture Applications Of Remote Sensing : Paddy Yield Estimation form Landsat-5 Thematic Mapper Data*. (Online). Retrieved September 21, 2004, from <http://www.gisdevelopment.net.aars/acrs/1994/ts1/ts1003pf.htm>.
- Singh, R.; & et al. (2002). Small Area Estimation of Crop Yield using Remote Sensing Satellite Data. *International Journal of Remote Sensing*. 23(1) : 49-56.
- Steven, M.D.; & Jaggard, K.W. (1995). Advances in Crop Monitoring by Remote Sensing. *Advances in Environmental Remote Sensing*. Danson, F.M.; & Plummer, S.E. pp. 143-156. Chichester: Wiley.
- Swain, Philip H.; & Davis, Shirley M. (1978). *Remote Sensing: The Quantitive Approach*. New York: McGraw-Hill.
- U.S. water Conservation Laboratory. (2007). *How a Vegetation Index Woks*. Retrieved November 2, 2006, from <http://www.uswcl.arc.ag.gov/epd/remsen/vi/VIWorks.htm>.
- Verbyla, David L. (1995). *Satellite Remote Sensing of Natural Resources*. Boca Raton: Lewis.
- Wikipedia. (2006). *Normalized Difference Vegetation Index*. (Online). Retrieved October 21, 2006, from <http://en.wikipedia.org/wiki/NDVI>.
- Wilkie, David S.; & Finn, John T. (1996). *Remote Sensing Imagery for Natural Resources Monitoring : A Guide for First – Time Users*. New York: Columbia University Press.
- Willis, A.J. (1973). *Introduction to Plant Ecology : A Guide for Beginners in The Study of Plant Communities*. London: George Allen & Unwin Ltd.
- Xiao, X.; & et al. (2002). Quantitative Relationships between Field – Measured Leaf Area Index and Vegetation Index Derived from VEGETATION Images for Paddy Rice Fields. *International Journal of Remote Sensing*. 23(18) : 3595-3604.
- Yoshida, Shouichi. (1981). *Fundamentals of Rice Crop Science*. Los Banos, Laguna: International Rice Research Institute.
- Zhongxing, Cha.; Yanyi, Wang.; & Boolin, Qu. (1990). *Researches of Spectral Feature and Growing Monitoring of Rice*. Retrieved Febuary 12, 2007, from <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1990/P/pp009pf.html>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางการเก็บข้อมูลในการศึกษา

ตาราง 32 แสดงข้อมูลที่เกิดขึ้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ความสูง เฉลี่ย (เซนติเมตร)	ดัชนี พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ (กรัม/ตารางเมตร)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 750 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)
1	25	0.25	45.09	12	19
2	20	0.20	18.74	8	16
3	20	0.11	21.78	8	13
4	21	0.17	20.16	8	14
5	20	0.16	9.15	8	13
6	20	0.15	15.36	10	19
7	18	0.20	27.50	10	16
8	20	0.30	32.08	8	15
9	20	0.29	31.28	9	14
10	19	0.15	26.93	9	14

ตาราง 33 แสดงข้อมูลที่เก็บในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ความสูง เฉลี่ย (เซนติเมตร)	ดัชนี พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ (กรัม/ตารางเมตร)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 750 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)
1	60	5.58	721.36	12	43
2	55	5.13	590.96	14	49
3	55	4.10	343.95	13	40
4	50	5.42	645.12	11	45
5	50	4.01	288.83	13	40
6	40	4.94	527.40	10	41
7	45	5.49	705.84	12	43
8	45	5.94	780.80	11	43
9	45	5.88	763.14	11	42
10	50	5.41	643.36	11	43

ตาราง 34 แสดงข้อมูลที่เก็บในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

พื้นที่ ศึกษา	ความสูง เฉลี่ย (เซนติเมตร)	ดัชนี พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ (กรัม/ตารางเมตร)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 750 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)
1	80	10.95	1,942.63	11	50
2	83	10.64	1,649.31	10	47
3	90	7.83	1,494.06	13	45
4	90	8.82	1,571.51	14	68
5	80	6.74	1,286.73	13	45
6	80	8.89	1,581.15	11	48
7	80	10.77	1,809.06	10	46
8	81	10.79	1,897.33	11	50
9	84	10.78	1,854.43	10	48
10	81	8.92	1,601.98	10	48

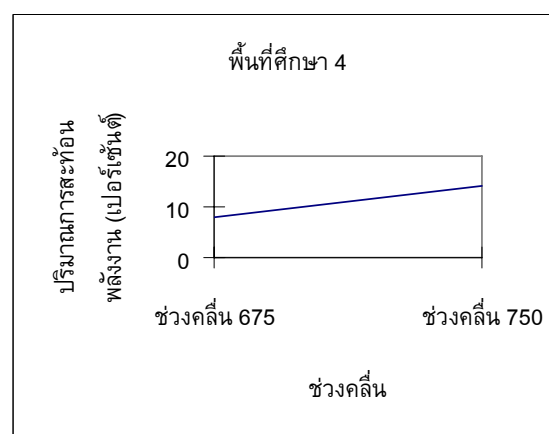
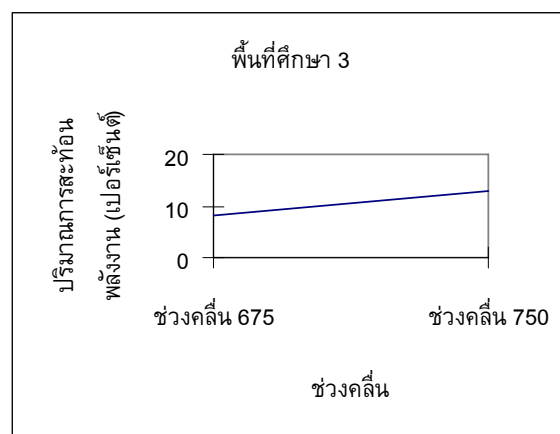
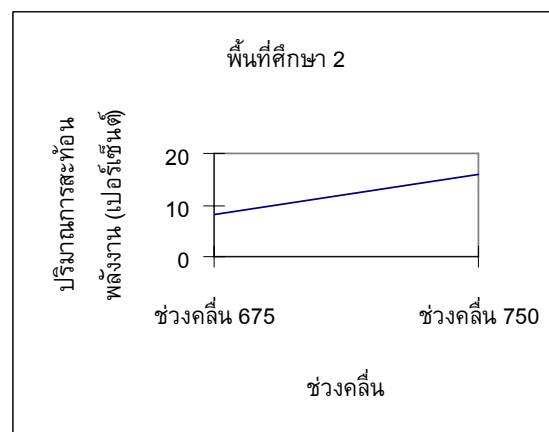
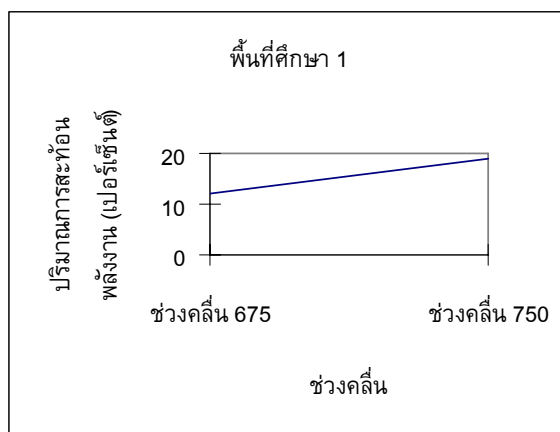
ตาราง 35 แสดงข้อมูลที่เกิดขึ้นในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

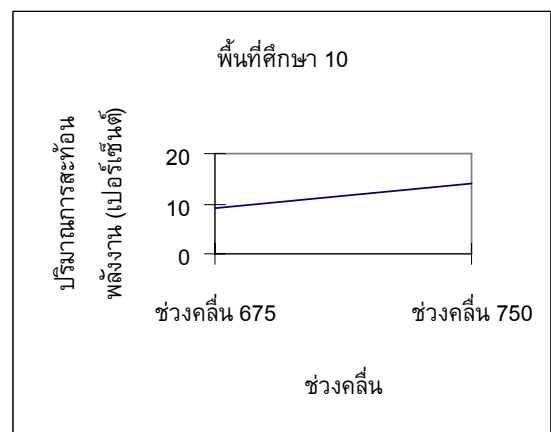
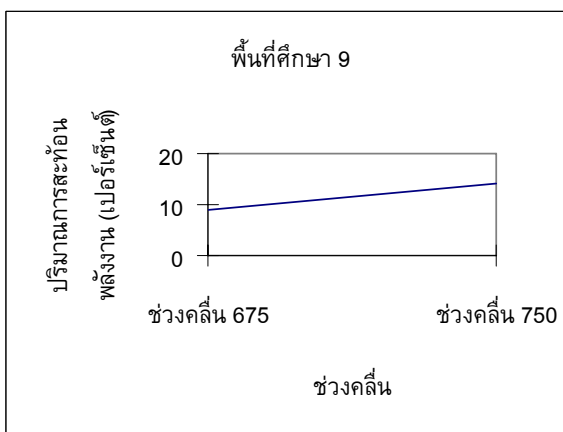
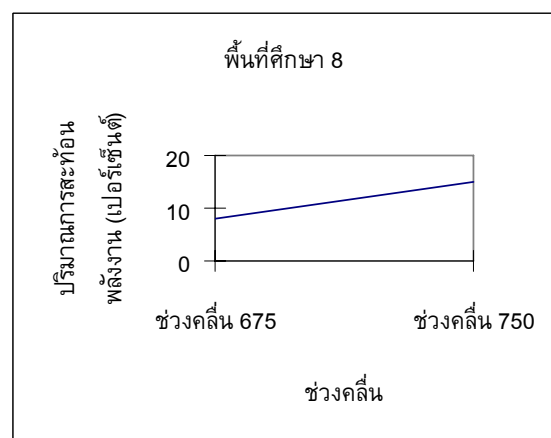
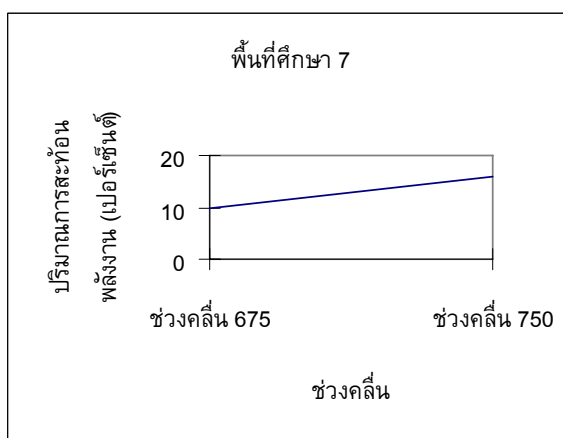
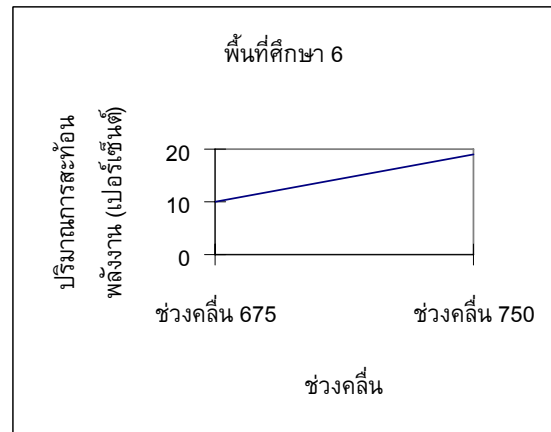
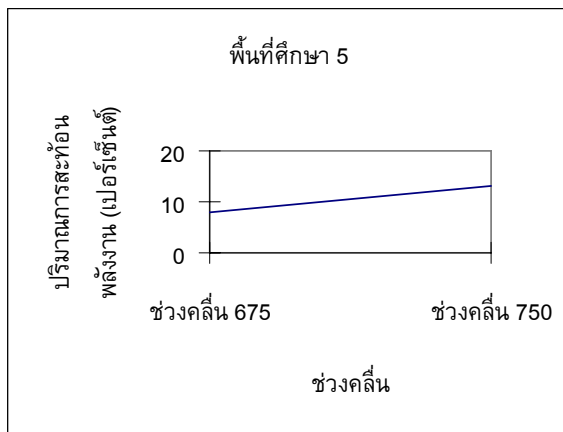
พื้นที่ ศึกษา	ความสูง เฉลี่ย (เซนติเมตร)	ดัชนี พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ (กรัม/ตารางเมตร)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณการสะท้อน พลังงานความยาว ช่วงคลื่น 750 นาโนเมตร (เปอร์เซ็นต์)
1	90	0.60	2,989.71	22	34
2	95	0.67	2,531.71	25	40
3	100	0.56	2,283.04	19	27
4	100	0.58	2,404.41	19	31
5	90	0.62	1,967.41	21	30
6	93	0.61	2,420.74	22	33
7	95	0.56	2,771.47	22	31
8	92	0.59	2,897.23	21	30
9	97	0.60	2,842.83	21	30
10	90	0.58	2,457.43	20	31

ภาคผนวก ข
กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงาน

ตาราง 36 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร
ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30 วัน

พื้นที่ศึกษา	ช่วงคลื่น 675	ช่วงคลื่น 750
1	12	19
2	8	16
3	8	13
4	8	14
5	8	13
6	10	19
7	10	16
8	8	15
9	9	14
10	9	14

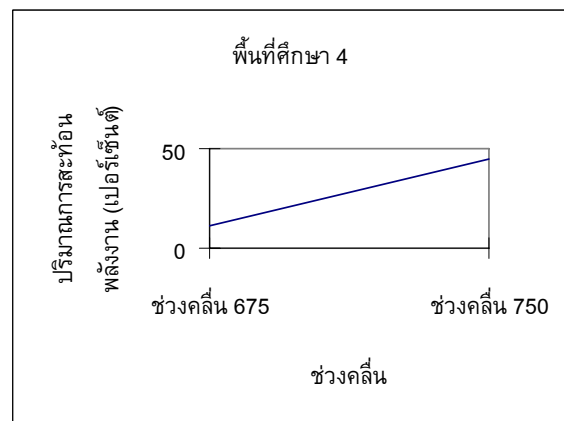
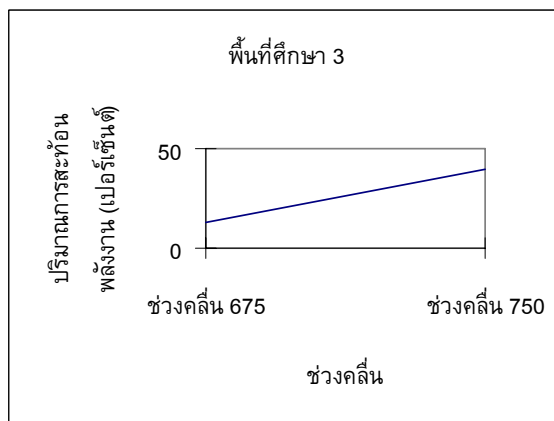
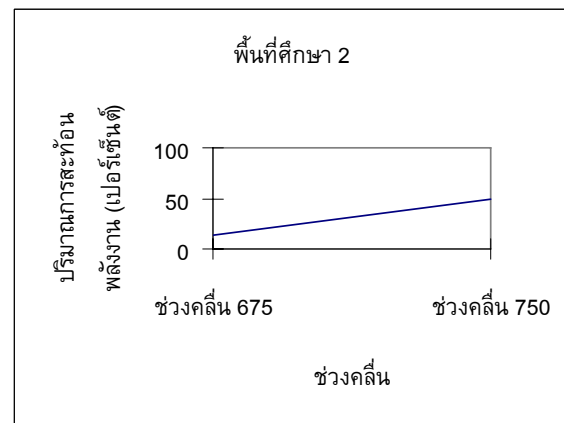
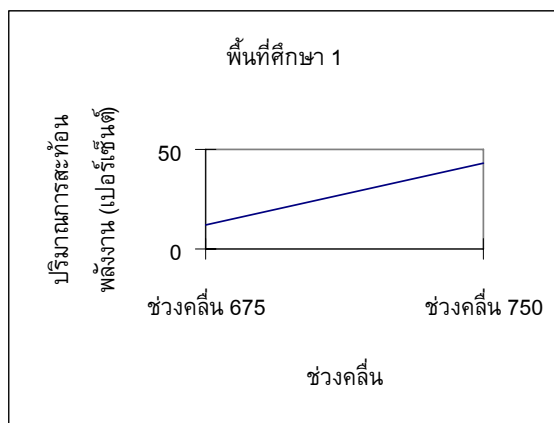


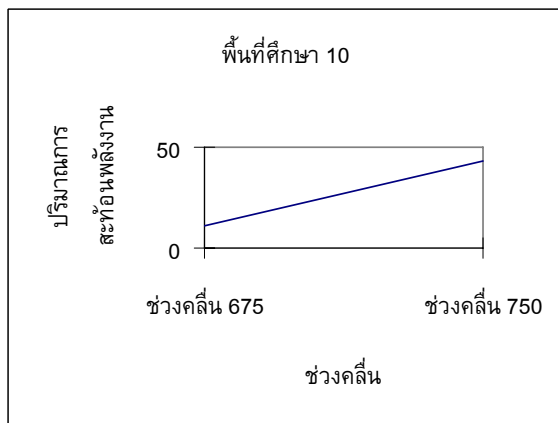
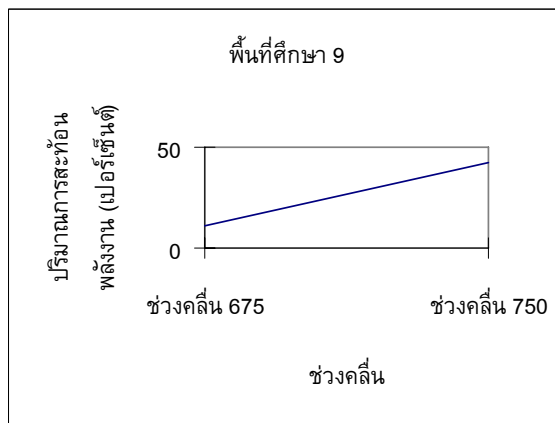
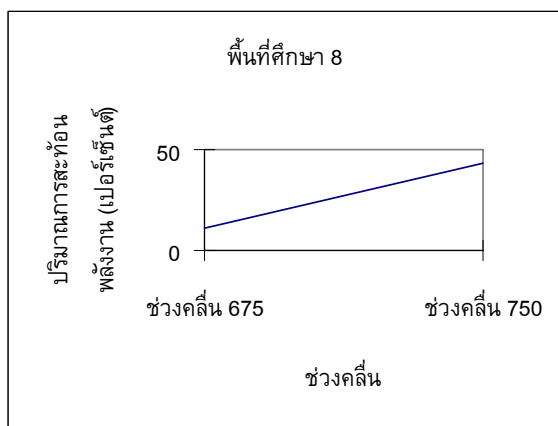
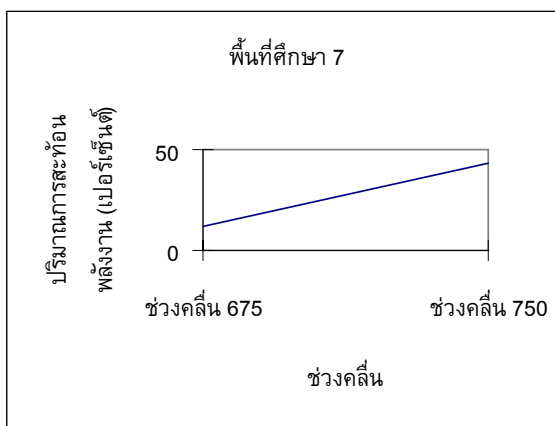
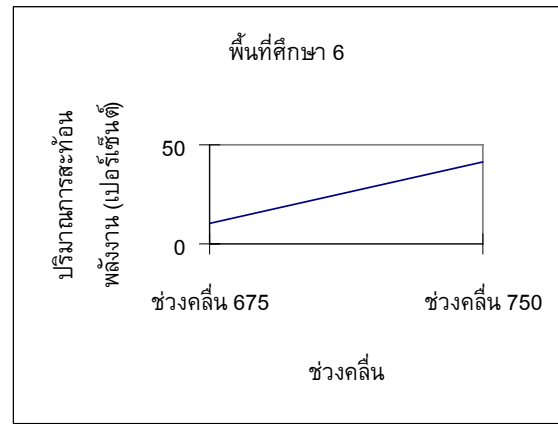
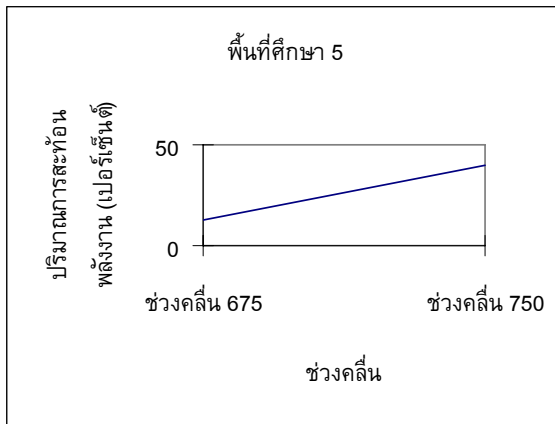


ภาพประกอบ 49 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 30

ตาราง 37 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร
ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

พื้นที่ศึกษา	ช่วงคลื่น 675	ช่วงคลื่น 750
1	12	43
2	14	49
3	13	40
4	11	45
5	13	40
6	10	41
7	12	43
8	11	43
9	11	42
10	11	43

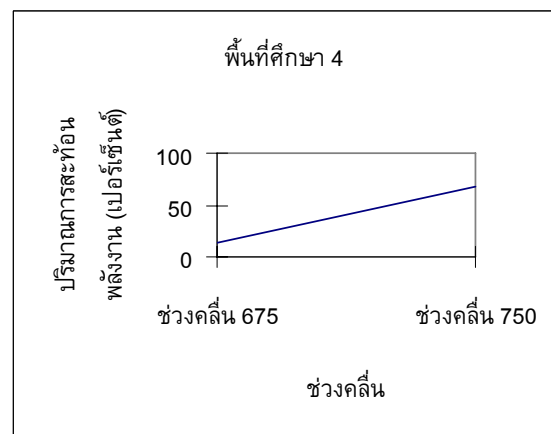
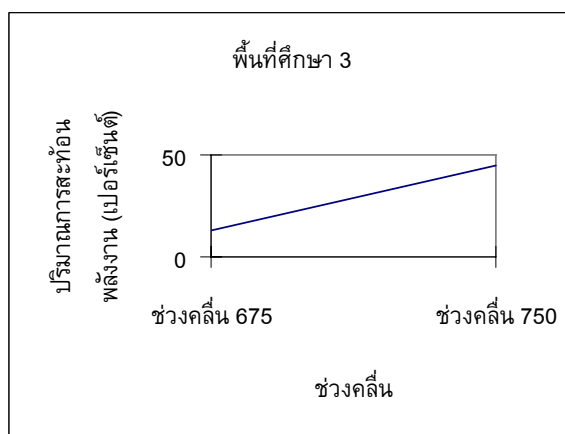
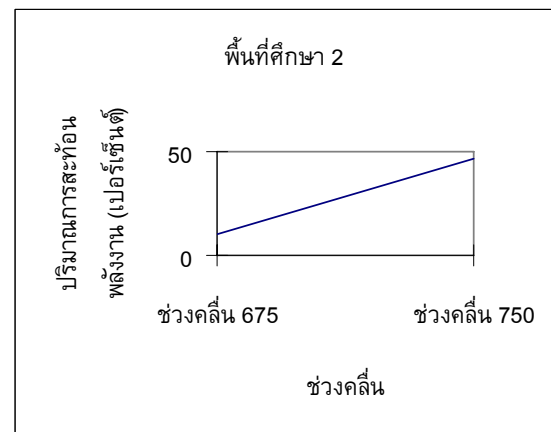
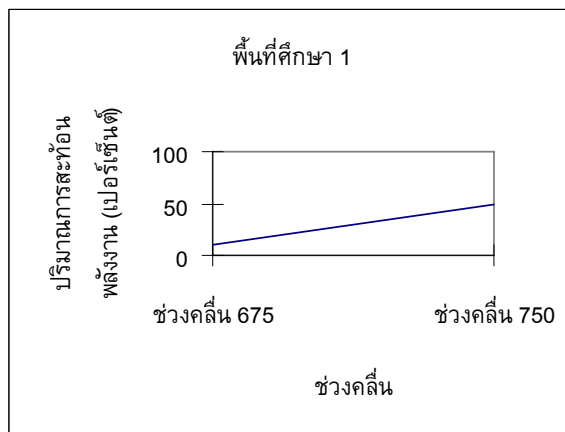


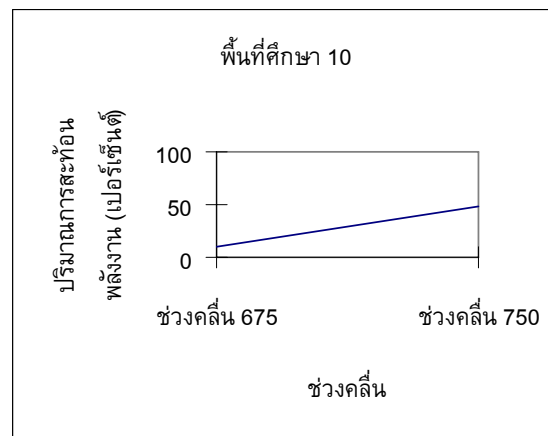
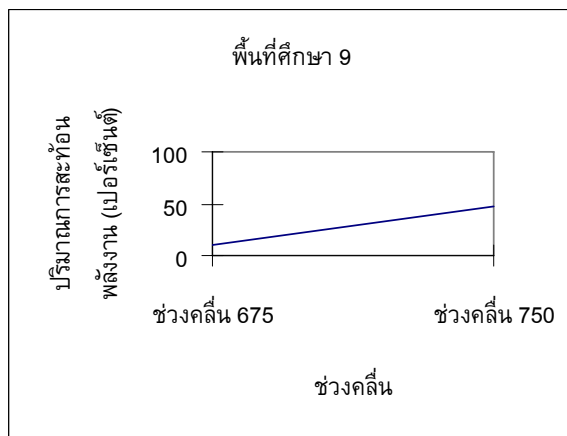
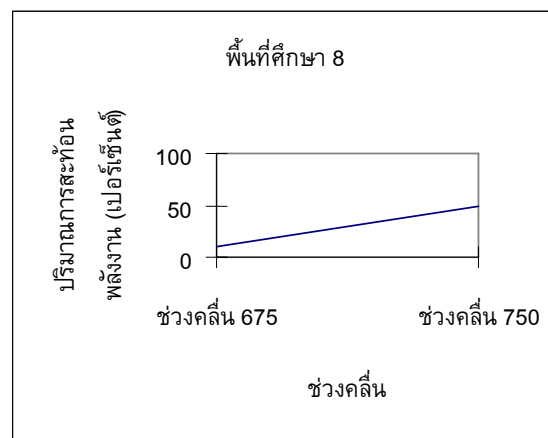
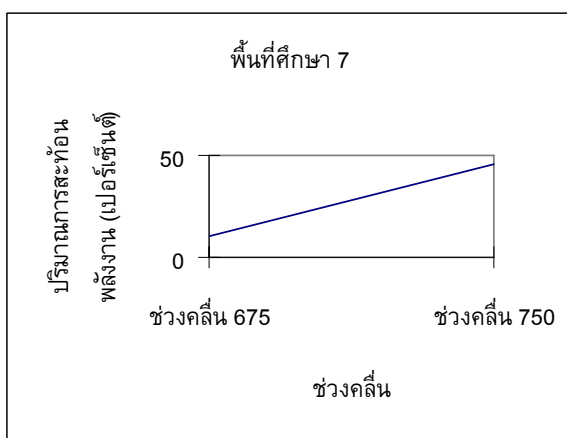
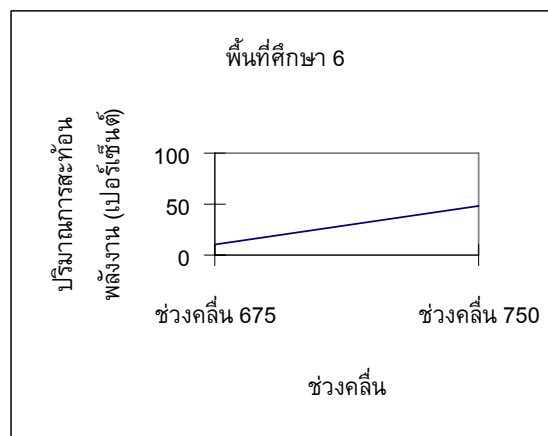
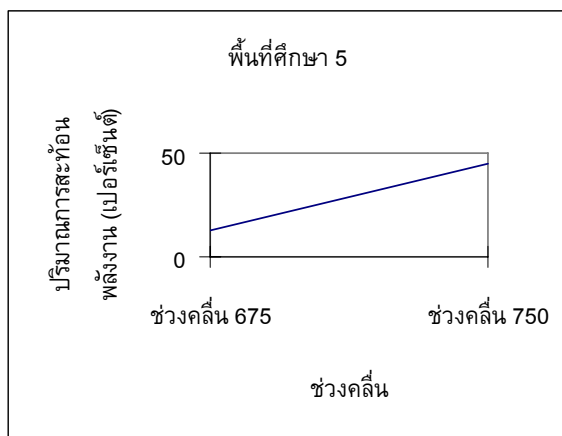


ภาพประกอบ 50 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 60 วัน

ตาราง 38 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร
ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

พื้นที่ศึกษา	ช่วงคลื่น 675	ช่วงคลื่น 750
1	11	50
2	10	47
3	13	45
4	14	68
5	13	45
6	11	48
7	10	46
8	11	50
9	10	48
10	10	48

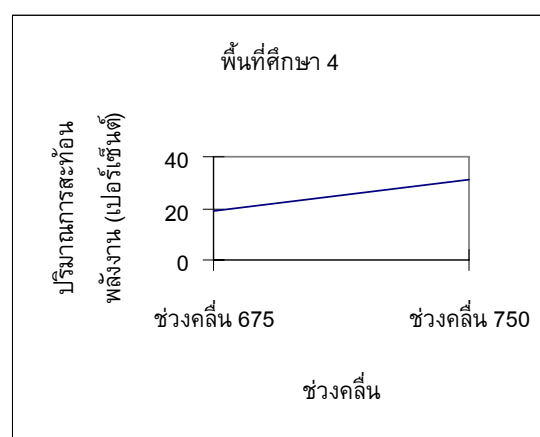
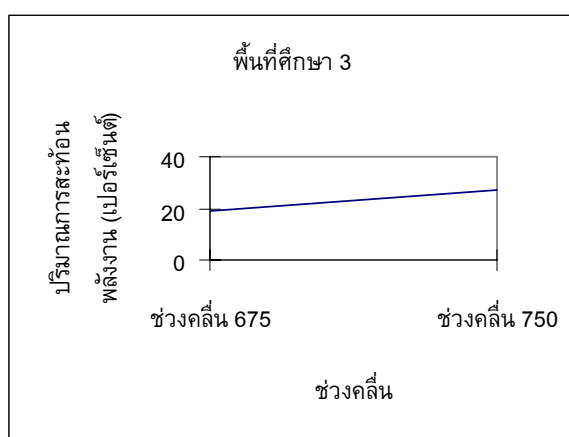
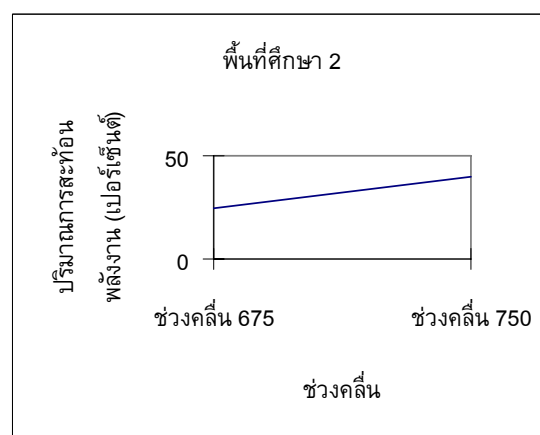
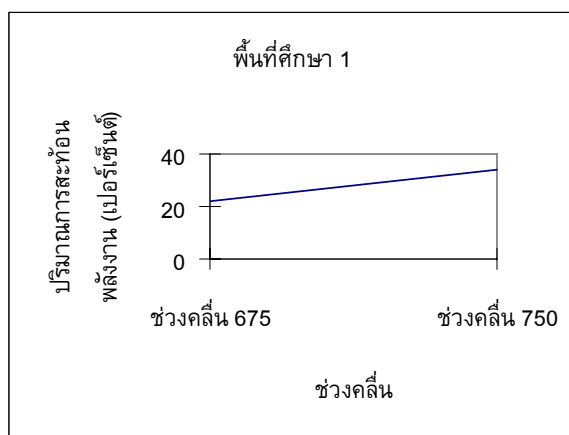


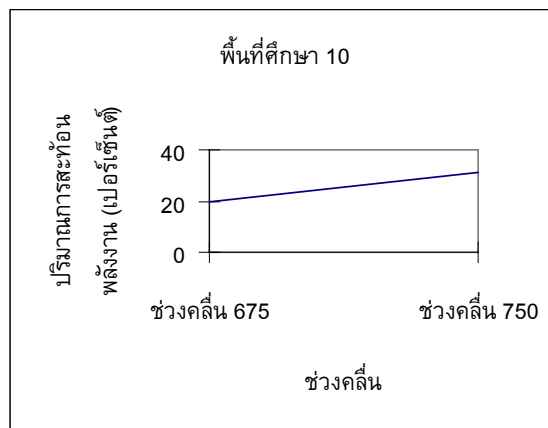
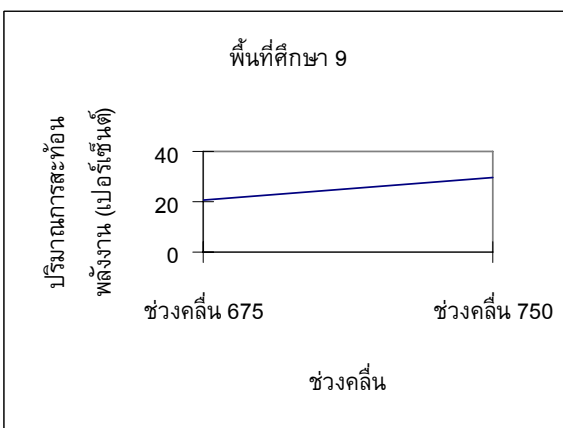
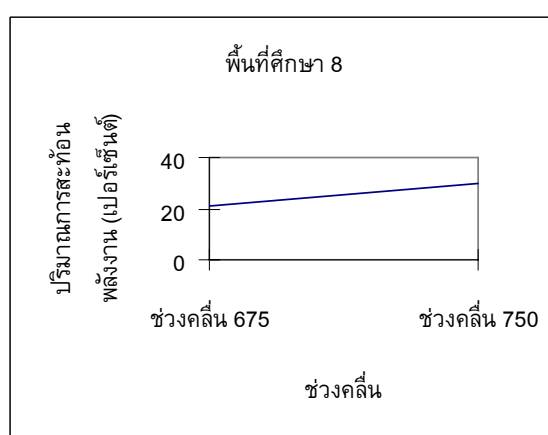
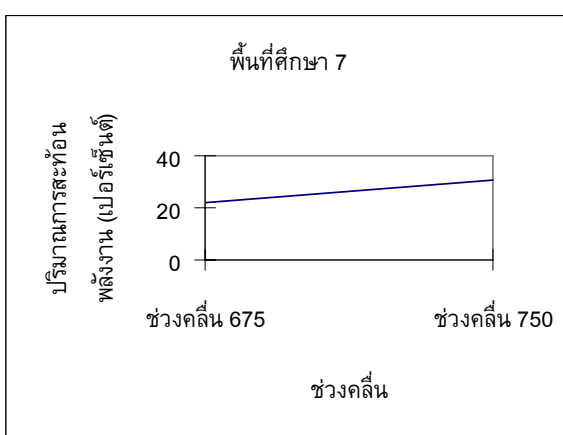
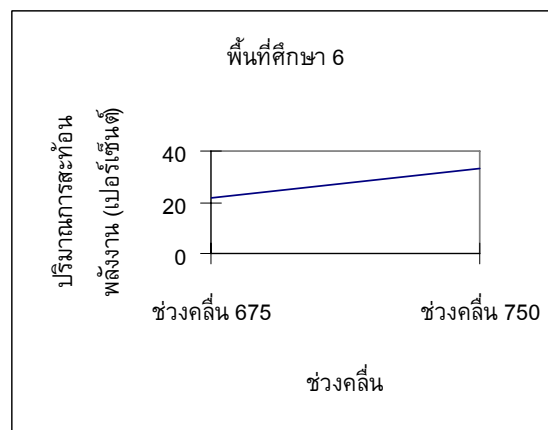
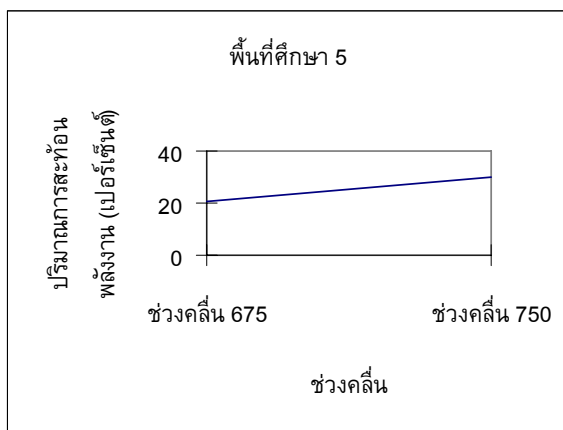


ภาพประกอบ 51 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 90 วัน

ตาราง 39 แสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร
ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

พื้นที่ศึกษา	ช่วงคลื่น 675	ช่วงคลื่น 750
1	22	34
2	25	40
3	19	27
4	19	31
5	21	30
6	22	33
7	22	31
8	21	30
9	21	30
10	20	31





ภาพประกอบ 52 กราฟแสดงปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น 675 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ในวันหลังจากเริ่มเพาะปลูก 120 วัน

ภาคผนวก ค
ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์

ตาราง 40 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ไปกับปัจจัยศึกษา

พื้นที่ศึกษา	มวลชีวภาพ	RVI	NDVI	IPVI	SAVI
1	0.12	0.99	0.96	0.94	0.96
2	0.14	0.98	0.93	0.93	0.93
3	0.12	0.97	0.98	0.94	0.94
4	0.10	0.99	0.98	0.97	0.98
5	0.10	0.97	0.94	0.94	0.94
6	0.12	0.96	0.91	0.91	0.91
7	0.13	0.98	0.94	0.93	0.93
8	0.11	0.96	0.92	0.92	0.93
9	0.11	0.97	0.94	0.93	0.91
10	0.10	0.98	0.96	0.96	0.96
เฉลี่ย	0.12	0.98	0.95	0.94	0.94

ตาราง 41 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับปัจจัยศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ดัชนีพื้นที่ไป	RVI	NDVI	IPVI	SAVI
1	0.12	0.02	-0.07	-0.07	-0.54
2	0.14	-0.05	-0.18	-0.19	-0.18
3	0.12	-0.08	-0.16	-0.15	-0.16
4	0.10	0.02	-0.04	-0.09	-0.04
5	0.10	-0.13	-0.22	-0.20	-0.22
6	0.12	-0.13	-0.26	-0.26	-0.25
7	0.13	-0.05	-0.16	-0.16	-0.16
8	0.11	-0.08	-0.20	-0.20	-0.19
9	0.11	-0.27	-0.12	-0.10	-0.27
10	0.10	-0.02	-0.10	-0.10	-0.09
เฉลี่ย	0.12	-0.08	-0.15	-0.15	-0.21

ภาคผนวก ง
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา



ภาพประกอบ 53 เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวคลื่นของวัตถุ (Spectrometer) และขาตั้ง



ภาพประกอบ 54 ตู้อบ



ภาพประกอบ 55 เครื่องมือวัดพื้นที่ (Curvimeter)



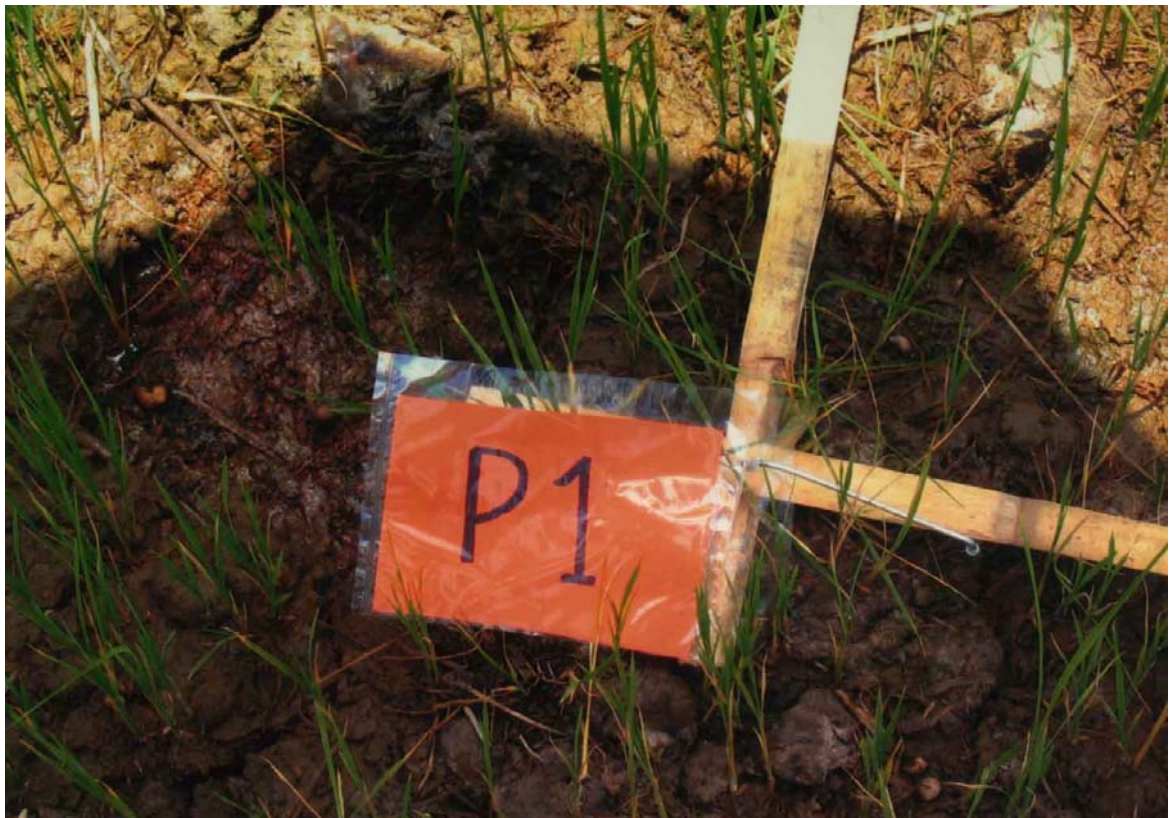
ภาพประกอบ 56 เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์



ภาพประกอบ 57 เครื่องวัดค่าความชื้น

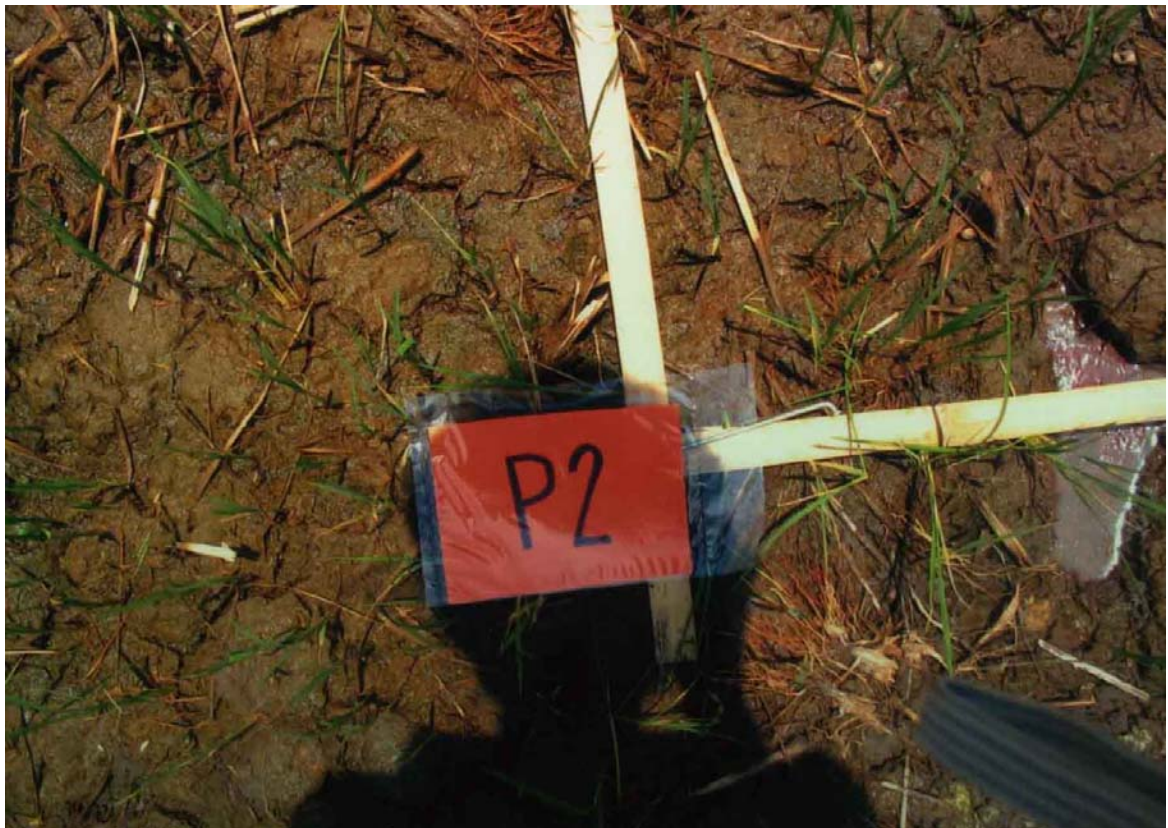
ภาคผนวก จ
พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา 1
(617,126.83 E 1,580,080.82 N)



ภาพประกอบ 58 พื้นที่ศึกษา 1

พื้นที่ศึกษา 2
(618,948.70 E 1,580,416.02 N)



ภาพประกอบ 59 พื้นที่ศึกษา 2

พื้นที่ศึกษา 3
(619,737.04 E 1,580,643.31 N)



ภาพประกอบ 60 พื้นที่ศึกษา 3

พื้นที่ศึกษา 4
(619,727.28 E 1,581,891.69 N)



ภาพประกอบ 61 พื้นที่ศึกษา 4

พื้นที่ศึกษา 5
(619,727.28 E 1,582,565.53 N)



ภาพประกอบ 62 พื้นที่ศึกษา 5

พื้นที่ศึกษา 6
(621,223.72 E 1,582,591.30 N)



ภาพประกอบ 63 พื้นที่ศึกษา 6

พื้นที่ศึกษา 7
(622,184.87 E 1,582,545.91 N)



ภาพประกอบ 64 พื้นที่ศึกษา 7

พื้นที่ศึกษา 8
(623,657.19 E 1,582,380.12 N)



ภาพประกอบ 65 พื้นที่ศึกษา 8

พื้นที่ศึกษา 9
(622,417.76 E 1,581,253.19 N)



ภาพประกอบ 66 พื้นที่ศึกษา 9

พื้นที่ศึกษา 10
(622,028.96 E 1,579,723.64 N)



ภาพประกอบ 67 พื้นที่ศึกษา 10

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวสมสิริ สวัสดิ์เฉลิม
วันเดือนปีเกิด	27 มิถุนายน 2522
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	15/8 ถนนปทุมสัมพันธ์ ตำบลบางปรอก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ทำธุรกิจส่วนตัว
ประวัติการทำงาน	มิถุนายน 2545 สำนักงานนโยบายและแผน ทรัพยากรคุณภาพสิ่งแวดล้อม มิถุนายน 2547 บริษัทประกันภัย
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2540	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปทุมวิไล จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ.2545	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กทม.
พ.ศ.2550	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กทม.