

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตารางประกอบ	ฌ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
2.1 สภาวะแวดล้อมกับผลของความเครียดต่อการขาดน้ำ	5
2.2 การศึกษาการสมดุลของน้ำ	7
2.3 สมการการใช้น้ำ	12
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	21
3.1 ข้อมูลพืช	21
3.2 การจำแนกเนื้อดิน	22
3.3 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	23
3.4 สมดุลของน้ำโดยถังไลซิมิเตอร์	25
3.5 สมดุลของน้ำโดยโปรแกรมภาษาเบสิก	27
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29
4.1 การเจริญของต้นกาแฟ	29
4.2 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของอนุภาคดิน	32
4.3 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	33
4.4 การใช้น้ำโดยวิธีสมดุลของน้ำจากถังไลซิมิเตอร์	37
4.5 สมดุลน้ำโดยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากโปรแกรมภาษาเบสิก	53
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	94
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	99
เอกสารอ้างอิง	100
ภาคผนวก	106
ประวัติการศึกษา	158

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ	30
4.2 การวิเคราะห์เนื้อดิน	32
4.3 ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำชลประทาน และน้ำที่ระบายจากถังไลซิมิเตอร์	40

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
3.1 สภาพการปลูกกาแฟในถังไลซิมีเตอร์ในสภาพแปลงปลูกจริง	22
3.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง	24
3.3 ลักษณะพื้นที่ตั้งสถานีอุตุนิยมิวิทยาในบริเวณทำการทดลอง	25
3.4 ลักษณะถังวัดปริมาณน้ำที่ระบายออกจากถังไลซิมีเตอร์	26
4.1 ลักษณะความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกาแฟทั้ง 2 ถัง	31
4.2 จำนวนใบและดัชนีพื้นที่ใบของต้นกาแฟทั้ง 2 ถัง	31
4.3 ตารางสามเหลี่ยมแสดงการจัดจำแนกชนิดเนื้อดิน ของ ประเทศเนเธอร์แลนด์	32
4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	34
4.5 ปริมาณน้ำฝนตลอดการทดลอง	35
4.6 ปริมาณการระเหยและศักยภาพการคายระเหย	36
4.7 ปริมาณชั่วโมงแสงและความเร็วลม	38
4.8 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำชลประทานในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	42
4.9 ปริมาณการระบายน้ำจากถังไลซิมีเตอร์ทั้ง 3 ถังในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	43
4.10 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมีเตอร์ของถังที่ 1 ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.- พ.ย.42)	40
4.11 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมีเตอร์ของถังที่ 2 ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.- พ.ย.42)	46
4.12 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมีเตอร์ของถังที่ 3 ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.- พ.ย.42)	47
4.13 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมีเตอร์โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ถัง ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.- พ.ย.42)	48
4.14 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมีเตอร์ของถังที่ 1 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	50
4.15 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมีเตอร์ของถังที่ 2 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	51

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.16 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ของถังที่ 3 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	52
4.17 สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ถังในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	54
4.18 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชของถังที่ 1 ในช่วงฤดูฝน(มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	55
4.19 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชของถังที่ 2 ในช่วงฤดูฝน(มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	57
4.20 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชของถังที่ 3 ในช่วงฤดูฝน(มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	58
4.21 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชโดยเฉลี่ยทั้ง 3 ในช่วงฤดูฝน(มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	60
4.22 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชของถังที่ 1 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	61
4.23 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชของถังที่ 2 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	62
4.24 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชของถังที่ 3 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	64
4.25 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชโดยเฉลี่ยทั้ง 3 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ทำนายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	65
4.26 ปริมาณความชื้นในดินของถังที่ 1 วัดในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค. 41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.27 ปริมาณความชื้นในดินของถังที่ 2 วัดในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค. 41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	69
4.28 ปริมาณความชื้นในดินของถังที่ 3 วัดในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค. 41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	71
4.29 ปริมาณความชื้นในดินทั้ง 3 ถัง โดยเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค. 41 และ เม.ย.-พ.ย.42) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	72
4.30 ปริมาณความชื้นในดินของถังที่ 1 วัดในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	73
4.31 ปริมาณความชื้นในดินของถังที่ 2 วัดในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	75
4.32 ปริมาณความชื้นในดินของถังที่ 3 วัดในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	76
4.33 ปริมาณความชื้นในดินทั้ง 3 ถัง โดยเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค. 41 - เม.ย. 42 และ พ.ย. 42 – เม.ย. 43) ในรอบ 10 วันตลอดการทดลอง	78
4.34 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของถังที่ 1 ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42)	79
4.35 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของถังที่ 2 ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42)	81
4.36 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของถังที่ 3 ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42)	82
4.37 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริง โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ถัง ในช่วงฤดูฝน (มิ.ย.-ธ.ค.41 และ เม.ย.-พ.ย.42)	83
4.38 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของถังที่ 1 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	85
4.39 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของถังที่ 2 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.40 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของถังที่ 3 ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	87
4.41 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของแบบจำลองกับปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงโดยเฉลี่ยทั้ง 3 ถังในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.41 - เม.ย.42 และ พ.ย.42 – เม.ย.43)	88
4.42 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ในฤดูฝนทั้ง 2 ปีการทดลองของถังที่ 1	89
4.43 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ในฤดูแล้งทั้ง 2 ปีการทดลองของถังที่ 1	90
4.44 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ในฤดูฝนทั้ง 2 ปีการทดลองของถังที่ 2	90
4.45 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ในฤดูแล้งทั้ง 2 ปีการทดลองของถังที่ 2	91
4.46 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ในฤดูฝนทั้ง 2 ปีการทดลองของถังที่ 3	91
4.47 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ในฤดูแล้งทั้ง 2 ปีการทดลองของถังที่ 3	92
4.48 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์รวมทั้ง 3 ถังในฤดูฝนทั้ง 2 ปีการทดลอง	92
4.49 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับสมมูลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์รวมทั้ง 3 ถังในฤดูแล้งทั้ง 2 ปีการทดลอง	93