บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมดุลน้ำในดินสำหรับต้นกาแฟสายพันธุ์คาร์ติมอร์ โดยการเปรียบเทียบกับสภาวะการใช้น้ำที่แท้จริงของต้นกาแฟสามารถวิจารณ์ผลการทดลองได้ดังนี้

5.1. การเจริญของต้นกาแฟ

การศึกษาข้อมูลการเจริญของต้นกาแฟทั้งสองถัง พบว่ามีการเจริญตลอดการทดลองเป็นไปตามวงจรการเจริญเติบโตทางต้นในรอบปี โดยต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 2 จะมีการเจริญที่มากกว่าต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 3 นั่นเป็นผลเนื่องมาจากเมื่อเริ่มทำการทดลองต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 2 จะมีทั้งความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่มากกว่าต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 3 จึงเป็นผลให้ตลอดการทดลองจึงดูเหมือนว่าต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 2 มีการเจริญมากกว่าต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 3 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการทดลองกลับพบว่าการเจริญทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมีการเจริญสะสมเส้นผ่าศูนย์กลางต้นเท่ากันซึ่งมีค่าการเจริญสะสมเท่ากับ1.9 เซนติเมตร ในส่วนของจำนวนใบและดัชนีพื้นที่ใบ พบว่าตลอดการทดลองต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 2 มีค่ามากกว่าต้นกาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 3 ซึ่งมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของต้นกาแฟขณะเริ่มทำการทดลอง จึงทำให้กาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 2 มีค่ามากกว่ากาแฟในถังไลซิมิเตอร์ถังที่ 3 แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองยังพอจะสังเกตได้ว่ากาแฟในถังไลซิมิเตอร์ทั้ง 2 ถัง จะเริ่มลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-มีนาคม) จากนั้นจะเริ่มมีจำนวนใบมากขึ้นและดัชนีพื้นที่ใบมากขึ้นในฤดูฝน (พฤษภาคม) Browing and Fisher (1979) ได้กล่าวว่าการเจริญเติบโตของต้นกาแฟจะเจริญเติบโตช้าในฤดูหนาวและฤดูร้อน เมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูฝนจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว พร้อมแตกใบอ่อน อภิชาติ (2542) ได้พบว่าพื้นที่ใบและดัชนีพื้นที่ใบของต้นกาแฟจะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามฤดูกาลโดยในฤดูฝน (สิงหาคม) จะมีค่าสูงสุด ช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน) รองลงมาและฤดูร้อน (กุมภาพันธ์) มีค่าต่ำสุด ส่วนในกรณีถังที่ 1 ซึ่งเป็นถังหญ้า เป็นถังที่ใช้เปรียบเทียบดูปริมาณการใช้น้ำของพืช ตลอดการทดลองจะมีการตัดสั้นอยู่ทุกสัปดาห์เท่ากับปากถังดังนั้นค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ใช้จึงมีค่าเท่ากับ 1 ตลอดการทดลอง

5.2. ผลการวิเคราะห์อนุภาคดิน

จากการทดลองพบว่าดินในถังไลซิมิเตอร์ทั้ง 3 ถังมีเนื้อดินชนิดเดียวกัน คือเป็นดินเหนียวหยาบ ซึ่งเป็นชนิดของเนื้อดินที่ได้จากตารางสามเหลี่ยมแจกแจงชนิดของเนื้อดินที่วิเคราะห์โดย Driessen(1986) ของ ประเทศเนเธอร์แลนด์ การนำมาใช้จึงจำเป็นต้องใช้ค่าคงที่ต่างๆ เช่น ความลึกของเขตการนำน้ำของดิน ค่าความสามารถในการดูดซับขณะที่ไม่มีน้ำ ค่าปริมาณความชื้นขณะดินแห้งหรือค่าปริมาณช่องว่างภายในดิน เป็นต้น มาประกอบในการคำนวณในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ผลของการคำนวณจึงขึ้นอยู่กับค่าที่กำหนดดังกล่าว จึงอาจมีผลทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างรูปแบบจำลองที่สร้างขึ้นและสมดุลโดยวิธีไลซิมิเตอร์ ซึ่งเกิดจากปริมาณน้ำที่ได้รับและปริมาณน้ำที่ระบายออกจากถัง

5.3. สภาพภูมิอากาศประจำวัน

ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่ได้ประจำวันจะถูกนำไปเฉลี่ยในช่วง 10 วันตลอดการทดลองยกเว้นปริมาณน้ำฝนจะเป็นปริมาณน้ำฝนรวมในช่วง 10 วัน ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศจะมีผลต่อการใช้น้ำของพืช โดยเฉพาะอุณหภูมิ ความชื้นอากาศสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณแสงแดดที่ได้รับ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีผลสอดคล้องกันตลอดเวลา ผลของปัจจัยต่างๆ ของสภาพภูมิอากาศจะถูกนำมาคำนวณหา ศักยภายการคายระเหย (PET) โดยสมการของเพนแมน (สมการที่ 3) ในส่วนของพลังงานแสงที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นกาแฟ ทั้งปริมาณความชื้นในดินและความชื้นอากาศสัมพัทธ์ จากนั้นทำให้พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบเปลี่ยนแปลง นริศ (2534) ได้อ้างรายงานของ Steponkus (1981) ว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ระบบรากทำงานผิดปกติ เช่นดูดน้ำและแร่ธาตุน้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ต่ำเนื่องจากการขาดน้ำและธาตุอาหาร แต่จากการทดลองในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ และในช่วงฤดูร้อนถึงแม้จะมีการจัดการด้านการชลประทานก็ตาม กลับพบว่าการเจริญสะสมของต้นกาแฟของทั้ง 2 ถังจะมีค่าต่ำ นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูแล้งยังส่งผลให้ปริมาณความชื้นอากาศสัมพัทธ์มีค่าลดต่ำลง Gislerd and Mortensen (1990) รายงานการปลูกบีโกเนียในความชื้นสัมพัทธ์ 60%และ 90% พบว่าการปลูกในความชื้นสัมพัทธ์ 90% จะทำให้การเจริญเติบโตและการออกดอกสูงกว่า ผลของปริมาณแสงและความเร็วลมที่ได้รับพบว่าในช่วงฤดูแล้ง ปริมาณแสงแดดและความเร็วลมที่ได้รับที่มีค่าสูงจะมีผลต่อปริมาณการระเหยที่สูงโดยเฉพาะการระเหยจากผิวอิสระ แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนดังจะเห็นได้จากอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นค่อนข้างผันแปรมากใน

ช่วงนั้นซึ่งจากช่วงฤดูแล้งการควบคุมโดยปริมาณน้ำชลประทานทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงผันแปรไปน้อยมาก

5.4. สมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์

ผลของปริมาณความชื้นในดินเกิดจากการได้รับ (ปริมาณน้ำฝน และ ปริมาณน้ำชลประทาน) และการระบายนั้น จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลหลักต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น โดยตลอดการทดลองได้พบว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้รับมีค่ามากกว่าปริมาณการระบายที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ถัง แต่อย่างไรก็ตามเพื่อรักษาสมดุลที่จะเกิดจากการขาดน้ำในช่วงฤดูแล้งจึงได้มีการจัดการด้านชลประทานเพื่อป้องกันความเสียหายอันจะเกิดสภาวะความเครียดน้ำของต้นกาแฟ โดยเฉพาะในช่วงปีการทดลองแรกได้มีการจัดการน้ำชลประทานในลักษณะที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช และในกรณีช่วงต้นการทดลองที่พบว่ายังไม่มีการจัดการน้ำชลประทานให้เนื่องจากต้องการดูลักษณะการใช้น้ำของกาแฟ ซึ่งก็พบว่ามีปริมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินค่อนข้างสูงทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงอย่างรวดเร็ว และหลังจากทำการจัดหาปริมาณน้ำชลประทานให้จึงพบว่า ปริมาณความชื้นกลับมาสู่สภาวะปกติ (ความจุความชื้นสนาม) อักษรและคณะ (2537) ได้กล่าวว่าโดยปกติต้นกาแฟจะมีช่วงเวลาที่จำเป็นต้องให้น้ำเมื่อไม่มีฝนตกกล่าวคือถ้าขาดน้ำจะทำให้ต้นกาแฟเสียหายได้ ซึ่งจากการทดลองในช่วงฤดูแล้งในปีการทดลองที่ 1 พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 0.254 – 0.381 ลบ.ซม./ลบ.ซม.ดิน หลังจากนั้นในรอบปีที่สองในช่วงที่ปริมาณน้ำฝนขาดช่วงและมีจัดการให้น้ำชลประทานในปริมาณที่พอเพียง ปรากฏว่าปริมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนแทบไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเลย จึงทำให้ปริมาณความชื้นในดินมีค่าเข้าใกล้จุดความจุความชื้นสนามซึ่งค่าเท่ากับ 0.378 ลบ.ซม./ลบ.ซม.ดิน

ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นนอกจากการการระบายน้ำแล้ว ยังเกิดจากการใช้น้ำของต้นกาแฟจากน้ำในดินในถังไลซิมิเตอร์อีกด้วย การทดลองในครั้งนี้ได้กำหนดปริมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นจากผลต่างของ ปริมาณน้ำที่ยังเหลืออยู่กับปริมาณน้ำที่จุดความจุความชื้นสนาม โดยสมมุติว่าปริมาณความชื้นอยู่ที่จุดความจุความชื้นสนามตลอดเวลาในช่วงเวลาหนึ่งๆ ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปจากจุดความจุความชื้นสนามก็คือปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งหาได้จากปริมาณน้ำที่ได้รับและระบายออกจากถังไลซิมิเตอร์

5.5. สมดุลน้ำโดยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยโปรแกรมภาษาเบสิค

ในการทดลองระดับความลึกของรากได้ถูกจำกัดด้วยระดับความลึกของถังไลซิมิเตอร์ ดังนั้นผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินบริเวณรากพืชจึงถูกจำกัดที่ระดับ 80 ซม. แต่ในสภาพความเป็นจริงรากกาแฟสามารถแตกแขนงออกได้จากรากแก้ว 4-8 ราก หยั่งลึกลงไปในดินได้ประมาณ 2-3 เมตร จากรากที่หยั่งลึกลงในดินเหล่านี้จะมีรากแขนงอีกจำนวนมากที่แตกออกมาอาจมีความยาวได้ 1-2 เมตร เป็นผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินบริเวณรากพืชจากรูปแบบจำลองและในสภาวะที่เป็นจริงเกิดความแตกต่างกันในช่วงหลังของการทดลอง โดยธรรมชาติรากกาแฟจะเจริญงอกงามได้ดีในดินร่วนที่อุดมสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุอาหารและมีการระบายน้ำดี แต่ดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นดินเหนียวซึ่งมีการระบายน้ำไม่ดี (อักษรและพัฒนพันธุ์, 2537)

ค่าแรงดูดดึงเมตริก (matric suction) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณความชื้นในดิน โดยปกติการหาค่าแรงดูดดึงเมตริกมักนิยมวัดในห้องปฏิบัติการโดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องอัดความดัน (pressure extracture) ซึ่งจะสามารถหากราฟลักษณะความชื้นในดิน (soil moisture characteristic curve) แต่จากการศึกษาใช้ค่าประมาณค่าแรงดูดดึงเมตริกโดยการคำนวณจากสมการของ Driessen (1986)

นอกจากนี้ผลของความลึกระดับน้ำใต้ดิน (ground water depth) ในการทดลองได้กำหนดโดยใช้ค่าแรงดูดดึงเมตริกสูงสุดของเนื้อดินชนิดนี้คือที่ 300 ซม. ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการอ้างอิงเท่านั้น ทำให้มีผลต่อการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในบริเวณรากพืชกับสภาวะการใช้น้ำจากสมดุลโดยไลซิมิเตอร์ของต้นกาแฟ เป็นผลทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณความชื้นในดิน ปัจจัยที่สำคัญอีกประการคือการเพิ่มและลดลงของพื้นที่ใบ การเพิ่มและลดลงของพื้นที่ใบมีผลต่อการคายน้ำและการดูดน้ำภายในดินของพืช ผลจากการคำนวณโดยรูปแบบจำลองพบว่าผลของการคายน้ำของพืชโดยการคำนวณมีค่าค่อนข้างต่ำ (ตารางภาคผนวกที่ 3) กว่าศักยภาพการคายระเหย (ตารางภาคผนวกที่ 2) เมื่อทำการคำนวณจึงมีผลต่อการเพิ่มและลดลงของปริมาณความชื้นภายในดิน นั่นคือเมื่อค่าการคายน้ำจากรูปแบบจำลองมีค่าน้อยจะมีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินมีค่าน้อยลงตามไปด้วย ส่งผลให้ปริมาณความชื้นในมีค่าลดลงตามไปด้วย และเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำโดยศักยภาพการคายระเหยซึ่งมีค่ามากกว่า ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นภายในดินเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณความชื้นภายในดินลดลงมากขึ้น (Doorenbos and Pruitt, 1977) นอกจากนี้ค่าการคายน้ำของพืชที่คำนวณจากรูปแบบจำลองที่สร้างขึ้นยังรับอิทธิพลมาจากค่าการระเหยจากถาดวัด และค่าเอกโปเนลเชียลของพื้นที่ใบอีกด้วย Yao (1974) ได้กล่าวว่าความเป็นประโยชน์ของน้ำจะขึ้นอยู่กับสมดุลของน้ำภายในดินซึ่งเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน และศักยภาพการคายระเหยซึ่งเกิดจากการ

ระเหยและการคายน้ำ จากการทดลองจะเห็นได้ว่ารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นภายในดินมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูง ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นภายในดินทำให้มีค่าการเปลี่ยนแปลงสูงตามไปด้วย และปริมาณศักยภาพการคายระเหยและการระเหยจากผิวอิสระที่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้งมีผลสอดคล้องกับการคำนวณโดยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นั่นคือพบว่าปริมาณการคายน้ำของพืช (crop transpiration) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

5.6 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งสองวิธี

จากการทดลองศึกษาสมดุลน้ำโดยอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในดินบริเวณรากพืชที่เกิดขึ้น (สมการที่ 1 และ 6) จากสมดุลที่ได้จึงทำการประเมินหาปริมาณความชื้นในดินโดยการใช้ปริมาณความชื้นที่จุดเริ่มต้นในแต่ละช่วง (สมการที่ 27) จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับปริมาณน้ำที่ยังเหลืออยู่จากสมดุลน้ำโดยวิธีไลซิมิเตอร์ พบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้ผลเป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็น 0.848 และ 0.978 สำหรับในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินในช่วงฤดูฝนโดยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ยังมีค่าผันแปรค่อนข้างสูง ดังจะเห็นได้จากค่าการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนเดียวกัน โดยเฉพาะในปีการทดลองที่ 1 ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการกระจายของปริมาณน้ำฝนที่ไม่สม่ำเสมอ เมื่อทำการคำนวณโดยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์จึงทำให้เกิดความผันปแปรของปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น