บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลองและสรุป

5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองปลูกส้มในสารละลายจะเห็นได้ว่า การปลูกส้มโชกุนปลอดโรคและส้มโชกุนที่เป็นโรคกรีนนิ่งในสารละลายที่ต่างกัน 2 ชนิด ไม่มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของส้มในด้านความสูงและทรงพุ่ม กล่าวคือ ไม่ว่าจะปลูกส้มปลอดโรคและส้มเป็นโรคในสภาพที่มีหรือไม่มีสังกะสี ความสูงและทรงพุ่มของต้นส้มไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าการให้ธาตุสังกะสีเพิ่มเติมไม่สามารถฟื้นฟูส้มที่เป็นโรคอยู่ก่อนแล้วให้กลับมามีสภาพสมบูรณ์และเจริญเติบโตดีขึ้นได้ ขณะที่สีใบของต้นปลอดโรคที่ปลูกในสารละลายต่างกัน 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงสีเขียวเข้มมากกว่าใบของต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้นส้มไม่สามารถดูดสารละลายธาตุอาหารไปใช้ได้เนื่องจากรากส่วนใหญ่แสดงอาการเน่า ปริมาณธาตุอาหารที่รากดูดซึมได้จึงไม่เพียงพอต่อการเจริญของใบ การเปลี่ยนแปลงของสีใบจึงไม่ชัดเจน สอดคล้องกับค่าวิเคราะห์สังกะสี ซึ่งใบของต้นปลอดโรคทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณสังกะสีมากกว่าใบของต้นที่เป็นโรคกรีนนิ่ง และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของค่าวิเคราะห์ใบของประเทศไทย และกรณีที่ยังพบสังกะสีมากในใบส้มที่ปลูกในสารละลายที่ไม่มีสังกะสีเป็นเพราะต้นปลอดโรคมีอาจปริมาณสังกะสีในใบมากก่อนการทดลอง ประกอบกับไม่มีการสูญเสียธาตุอาหารในการสร้างใบใหม่ เพราะแตกใบใหม่น้อยหรือไม่แตกเลย ธาตุอาหารที่สะสมอยู่ก่อนอาจไม่เปลี่ยนแปลง

อย่างไรก็ตามเนื่องจากงานทดลองดังกล่าวเป็นการปลูกส้มในสารละลาย ซึ่งไม่เป็นไปตามสภาพธรรมชาติทั่วไปของส้มที่ปลูกในดินที่มีการระบายอากาศดี ไม่มีน้ำขัง เมื่อรากส้มแช่ในสารละลายเป็นระยะนานหลายเดือน จึงพบว่าส้มแสดงอาการรากเน่าเปื่อย หลุดร่วง และแตกรากน้อยหรือไม่แตกราก อาจเป็นเหตุผลที่ทำให้รากดูดใช้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตไม่ได้ ส้มจึงชะลอการเจริญหรือไม่มีการเจริญเติบโต แม้จะมีการให้อากาศตลอดเวลาที่ทำการทดลอง จึงเป็นไปได้ว่าต้นส้มไม่เหมาะสำหรับการเพราะปลูกแบบไม่ใช้ดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

สำหรับการทดลองปลูกส้มในวัสดุปลูกซึ่งได้แก่ทราย และมีการเติมธาตุฟอสฟอรัสในทราย เพื่อช่วยยับยั้งการดูดธาตุสังกะสีของพืช ผลปรากฏว่าการปลูกส้มโดยให้สารละลายธาตุอาหารต่างกันและการเติมฟอสฟอรัสระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อความสูงและทรงพุ่มของส้ม แต่ส้มปลอดโรคติดตาปรกติ มีความสูงและทรงพุ่มมากกว่าส้มที่ติดตากรีนนิ่ง โดยปัจจัยของชนิดสารละลายและฟอสฟอรัสไม่มีผลกระทบต่อความสูง แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของความสูงและขนาดทรงพุ่มมีอิทธิพลอัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องมาจากความเป็นโรคของส้มเพียงอย่างเดียว ขณะที่ปัจจัยในการทดลองทั้ง 3 ปัจจัย ไม่ทำให้สัดส่วนขนาดลำต้นระหว่างตายอดและต้นตอต่างกัน แต่มีความแตกต่างเมื่อพิจารณาปัจจัยทั้งสามร่วมกัน แสดงว่าปัจจัยเพียงชนิดเดียวไม่สามารถทำให้ความเข้ากันได้ของตายอดและต้นตอต่างกัน จะต้องอาศัยความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสามรวมกันจึงทำให้สัดส่วนของขนาดลำต้นระหว่างตายอดและต้นตอต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าองศาสีของใบปรากฏว่า มีปัจจัย 2 ชนิด ที่ทำให้เกิดความแตกต่างของสีใบส้ม ได้แก่ ชนิดสารละลายธาตุอาหารและชนิดส้ม จากผลดังกล่าวแสดงว่าการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มไม่มีอิทธิพลต่อสีใบของส้ม อาจเนื่องมาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมเพิ่มเข้าไปไม่มากพอที่จะยับยั้งการดูดซึมธาตุสังกะสีของส้ม ส่วนขนาดใบซึ่งแบ่งเป็นความกว้างและความยาวต่างให้ผลการทดลองเหมือนกัน โดยส้มที่ติดตาด้วยตาปลอดโรคมีขนาดใบทั้งความกว้างและความยาวมากว่าส้มที่ติดด้วยตาเป็นโรคกรีนนิ่ง ซึ่งการใส่สังกะสีและขาดสังกะสีรวมทั้งการเติมฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อขนาดใบ ทำให้เห็นได้ว่า การเป็นโรคคือสาเหตุหลักที่ทำให้ใบของส้มที่เป็นโรคมีขนาดเล็กต่างจากส้มปรกติ ทั้งนี้อาจมีการขัดขวางท่ออาหารของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคของส้มที่ติดตากรีนนิ่ง จึงทำให้การลำเลียงสารอาหารต่าง ๆ ไปยังใบถูกกีดขวางไปด้วย มีผลต่อการเจริญเติบโตของใบ ขนาดใบจึงเล็กลง

นอกจากนี้การทดลองจะเห็นได้ว่าการมีและไม่มีธาตุสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารที่ให้กับพืชมีผลต่อปริมาณธาตุสังกะสีในใบ โดยปริมาณสังกะสีของใบส้มจากกรรมวิธีที่ไม่ให้สังกะสีมีปริมาณสังกะสีในใบมากกว่ากรรมวิธีที่ให้สังกะสี อธิบายได้จากหลักการของ dilution effect กล่าวคือ เมื่อพิจารณาเฉพาะข้อมูลของความกว้างและยาวของใบส้ม (ตารางที่ 9) ส้มกรรมวิธีที่ให้สังกะสี (+Zn) มีขนาดใบทั้งความกว้างและความยาวเฉลี่ยแล้วมากกว่าส้มที่ไม่ให้สังกะสี (–Zn) พื้นที่ใบจึงมีมากเช่นกัน ทำให้ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบต่ำหรือเจือจางกว่าส้มกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งมีพื้นที่ใบน้อย ด้วยเหตุนี้เมื่อนำใบมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุสังกะสีในใบจึงพบว่าส้มกรรมวิธีแรกมีสังกะสีในใบน้อยกว่าส้มกรรมวิธีที่ 2 แต่เมื่อนำปัจจัยของชนิดส้มมาพิจารณาร่วมด้วย (ตารางที่ 15) ผลปรากฏว่าส้มปลอดโรคที่ปลูกโดยให้สารละลายต่างกัน 2 ชนิด มีสังกะสีในใบต่างกัน โดยส้มปลอดโรคที่ได้รับธาตุสังกะสีมีสังกะสีในใบน้อยกว่าส้มที่ไม่ได้รับสังกะสีจากสารละลาย เนื่องจากความกว้างและยาวเฉลี่ยของใบส้มปลอดโรคกรรมวิธีที่ 1 (+Zn) มากกว่าส้มในกรรมวิธีที่ 2 (–Zn) แม้จะไม่มีความต่างทางสถิติก็ตาม ปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ได้จากใบจึงมีค่าน้อย ซึ่งอธิบายโดยใช้หลักการของ dilution effect เช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของปริมาณสังกะสีในใบจากการทดลองปลูกส้มในสารละลายและการใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก กล่าวคือ การปลูกในสารละลาย ส้มปลอดโรคมีปริมาณสังกะสีในใบมากกว่าส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง และอยู่ในมาตราฐานของค่าวิเคราะห์ใบ (25 – 100 ppm) ส่วนส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งมีสังกะสีในใบน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่จากการปลูกในทรายปริมาณสังกะสีของส้มทั้ง 2 ชนิด มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน อาจเป็นไปได้ว่าส้มทุกกรรมวิธีในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองที่สองนี้มีการผลิใบใหม่เป็นจำนวนมาก ธาตุสังกะสีจึงสูญเสียไปกับกระบวนการดังกล่าว แต่ส้มที่ปลูกในสารละลายไม่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ผลิใบใหม่น้อยมากหรือไม่มีเลย จึงไม่มีการนำธาตุสังกะสีไปใช้ประโยชน์ จึงพบสะสมอยู่ในใบเก่าเป็นจำนวนมาก ประกอบกับต้นส้มที่ใช้ในการทดลองแรกมีอายุ แหล่งที่มาและการเตรียมต้นก่อนปลูกต่างจากส้มในการทดลองที่มีการติดตาด้วยตาส้มปลอดโรคและตาส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง 1 เดือน ก่อนการทดลอง จึงอาจส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารในต้น

สำหรับอาการผิดปรกติที่เกิดกับส้ม พบว่าส้มทุกกรรมวิธีสามารถแสดงความผิดปรกติได้สอดคล้องกับค่าวิเคราะห์สังกะสีของใบ ที่ส้มทุกกรรมวิธีมีปริมาณสังกะสีในใบต่ำกว่ามาตรฐาน แต่มีความต่างกันระหว่างอาการของส้มที่ติดตาปลอดโรคและส้มที่ติดตากรีนนิ่ง อย่างไรก็ตามการที่ส้มบางส่วนไม่แสดงอาการผิดปรกติแม้ว่าจะติดตากรีนนิ่งหรือให้สารละลายที่ไม่มีสังกะสี สอดคล้องกับงานทดลองของวีระ ในปี 2543 ที่พบว่าปริมาณธาตุสังกะสีที่วิเคราะห์ได้จากใบของส้มเขียวหวานไม่สามารถใช้เป็นเกณฑ์สำหรับกำหนดอาการขาดธาตุสังกะสีได้ รวมถึงงานของ Lin and Lin (1990) ซึ่งรายงานว่ามีส้มแสดงอาการของโรคกรีนนิ่ง 20 เปอร์เซ็นต์ หลังการติดกรีนนิ่งบนต้นตอปลอดโรค 7 เดือน และมีส้มถึง 58 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่แสดงอาการ

การสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคกรีนนิ่งจากส้มที่ติดตาด้วยตาที่เป็นกรีนนิ่ง โดยใช้เทคนิค PCR พบว่าส้มเป็นโรค 63.64 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานทดลองของ van Vuuren (1993) ที่พบความผันแปรของการเกิดโรคกรีนนิ่งจากการติดตาส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งสายพันธุ์แอฟริกัน ตั้งแต่ 0 – 50 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าการติดตาด้านข้างลำต้นทำให้ประสิทธิภาพในการเกิดโรคดีขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการติดตาที่ใช้ในการทดลองนี้ แสดงว่าการถ่ายทอดโรคผ่านการติดตาไม่สามารถทำให้ส้มเป็นโรค 100 เปอร์เซ็นต์ แต่มีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายทอดโรคกรีนนิ่ง

เมื่อพิจารณาการปลูกส้มในสารละลายเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุปลูกซึ่งได้แก่ทราย ในการปลูกแบบไม่ใช้ดิน จะเห็นได้ว่าส้มเจริญเติบโตได้ดีเมื่อปลูกในทราย และแสดงอาการเหี่ยวเฉาไม่เจริญเติบโต รากเน่าเปื่อยระหว่างที่ทดลองปลูกในสารละลาย แสดงว่ารากส้มไม่สามารถทนต่อการปลูกในสารละลาย จึงไม่เหมาะสมหากจะมีการปลูกส้มแบบ hydroponics หรือหารต้องการปลูกอาจจะต้องมีการพัฒนาเทคนิคขึ้นให้เหมาะสมสำหรับเพื่องานทดลองหรือแม้กระทั่งการปลูกเชิงการค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 สรุป

การทดลองการขาดธาตุสังกะสีด้วยการปลูกส้มในสารละลายธาตุอาหาร ส้มปลอดโรคมีความสูง ขนาดทรงพุ่ม ค่าองศาของสีใบ และปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์จากใบมากกว่าส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง ขณะที่การทดลองที่ใช้ทรายเป็นวัสดุปลูกพบว่า การติดตาส้มด้วยตาปลอดโรคและตาที่เป็นโรคกรีนนิ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้ความสูง ขนาดทรงพุ่ม ตลอดจนขนาดความกว้างและยาวของใบส้มปลอดโรคมากกว่าส้มที่ได้รับการติดตากรีนนิ่ง ส่วนปัจจัยของชนิดสารละลายธาตุอาหารมีอิทธิพลต่อปริมาณสังกะสีในใบ และค่าองศาสีของใบได้รับผลกระทบทั้งจากปัจจัยของชนิดส้มและชนิดสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งการเติมฟอสฟอรัสเพื่อยับยั้งการดูดธาตุสังกะสีของส้มไม่มีผลต่อส้มที่ใช้ทดลองเลย แต่ปริมาณสังกะสีในใบส้มของการทดลองที่ 2 ทุกกรรมวิธีต่ำกว่าค่ามาตรฐานและมีการแสดงอาการผิดปรกติ ส้มปลอดโรคที่ขาดธาตุสังกะสีใบใหม่มีขนาดเล็ก ข้อสั้น พื้นใบสีเขียวอ่อน ขณะที่เส้นใบมีสีเขียวเข้ม ลำต้นไม่แสดงอาการแคระแกร็น ส่วนส้มที่เป็นกรีนนิ่งร่วมกับการขาดสังกะสีมีการเจริญเติบโตต่ำ ลำต้นแคระแกร็น ใบที่แตกใหม่แสดงอาการเหลืองระหว่างเส้นใบที่มีสีเขียว ซึ่งเริ่มแสดงอาการ 3 เดือนหลังการติดตา ส่วนส้มปลอดโรคแสดงอาการผิดปรกติจากการขาดธาตุสังกะสี 8 เดือน หลังปลูกในทราย อย่างไรก็ตามอาการผิดปรกติของส้มปลอดโรคที่ขาดสังกะสีอาจมีการเปลี่ยนแปลงหากระยะเวลาการทดลองมากขึ้น และจากการทดลองปลูกส้มแบบไม่ใช้ดินต่างกัน 2 วิธี ทำให้พบว่าต้นส้มตอบสนองต่อการปลูกในทรายได้ดีกว่าการปลูกในสารละลาย ข้อมูลดังกล่าวจึงอาจเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาในเรื่องเดียวกันนี้สามารถนำไปศึกษาต่อหรือพัฒนาวิธีการทดลองในลำดับต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved