บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของสูตรปุ๋ยและอัตราการให้ปุ๋ยต่อการเติบโต

จากการศึกษาผลของสูตรปุ๋ย และอัตราการให้ปุ๋ยจำนวน 5 สูตร แต่ละสูตรมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) และโพแทสเซียม(K) แตกต่างกันคือ 1) 200:100:200 มิลลิกรัมต่อลิตร (F1) 2) 100:100:100 มิลลิกรัมต่อลิตร (F2) 3) 200:150:200 มิลลิกรัมต่อลิตร (F3) 4) 100:150:200 มิลลิกรัมต่อลิตร (F4) 5) ปุ๋ยละลายช้า 14-14-14 ร่วมกับปุ๋ยเกร็ด 20-20-20 และ 6) น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) และระยะเวลาในการให้สารละลาย 3 ระยะคือ วันเว้นวัน, 3 วันต่อครั้ง และ 6 วันต่อครั้ง จำนวน 16 กรรมวิธี มีผลการทดลองดังนี้

5.1 การเจริญเติบโต

5.1.1 ผลของปัจจัยหลัก

จากการทดลองผลของอัตราการให้ปุ๋ย พบว่า กรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย วันเว้นวัน มีความสูงต้น ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ จำนวนใบต่อกอ จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักสดใบ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งราก และพื้นที่ใบมากที่สุด เนื่องจากการให้ธาตุอาหารที่ความถี่สูง พืชย่อมได้รับธาตุอาหารจากการให้ปุ๋ยมากด้วย โดยเฉพาะธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พืชมีความต้องการในปริมาณสูงเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ (ยงยุทธ, 2546) พชร (2550) รายงานว่าการให้ปุ๋ยทุก 2 วัน ทำให้ฟาแลนนอปซิสมีความสูงของต้น จำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสดรวมของใบ และน้ำหนักแห้งรวมใบมีค่าสูงที่สุด สำหรับการทดลองนี้กรรมวิธีที่ให้สารละลาย 3 วันต่อครั้ง กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค มีความยาวใบมากที่สุด มากกว่ากรรมวิธีที่ให้สารละลาย 6 วันต่อครั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ให้สารละลายวันเว้นวัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในกล้วยไม้หลายชนิด ได้แก่ คีตวัชร์ (2547) พบว่า การให้ปุ๋ยที่อัตรา 3 วันต่อครั้ง ให้ค่าเฉลี่ยความสูงของลำลูกกล้วย และความยาวใบของกล้วยไม้เลลิโอแคทลียา เมม. โรเบิร์ตสเตรท มากกว่าการให้ปุ๋ยที่อัตรา 6 วันต่อครั้ง และ ดาราพงษ์ (2547) รายงานว่า การให้ปุ๋ยที่อัตรา 3 วันต่อครั้ง ทำให้มีความกว้างใบ จำนวนใบ และความสูงต้นมากกว่าการให้ปุ๋ยที่อัตรา 6 วันต่อครั้ง สำหรับกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค การให้สารละลาย วันเว้นวัน มีแนวโน้มของ ความสูงของต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ จำนวนใบต่อกอ จำนวนหน่อต่อกอเฉลี่ยมากที่สุด และไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ให้สารละลาย 3 วันต่อครั้ง ซึ่งทั้งสองกรรมวิธีให้ผลด้านการเจริญเติบโตดีกว่าการให้ปุ๋ย 6 วันต่อครั้ง ส่วนการที่ไม่ได้รับปุ๋ยเลย (กรรมวิธีควบคุม) ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น และทุกกรรมวิธีแสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารที่มีอยู่ในวัสดุปลูกและน้ำเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

ผลของสูตรปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค พบว่ากรรมวิธีที่ให้สูตรปุ๋ย 501 ซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ความเข้มข้น 200 : 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีค่าเฉลี่ยความสูงของต้น ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบต่อกอ จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักสดใบ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งราก และพื้นที่ใบมากที่สุด ส่วนสูตรปุ๋ยอื่นได้แก่ 502 503 504 และปุ๋ยของเกษตรกร ให้ผลด้านการเจริญเติบโตน้อยกว่า จึงเห็นได้ว่า สัดส่วนของธาตุอาหารปุ๋ย (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช แม้ว่าสูตรปุ๋ย 503 จะมีความเข้มข้นของไนโตรเจน และโพแทสเซียมเท่ากับสูตร 501 และมีฟอสฟอรัสเข้มข้นสูงกว่า แต่ก็ไม่ได้ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีกว่า แสดงให้เห็นว่า การตอบสนองของพืชมีความเฉพาะเจาะจงกับสัดส่วนของธาตุอาหารปุ๋ย (สมบุญ, 2544) เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในความเข้มข้นที่ต่างกัน จากการศึกษาในฟาแลนนอปซิส พบว่า การให้ไนโตรเจนที่ระดับ 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความกว้างใบมากที่สุดในช่วงอายุ 12 – 15 เดือน และมีความยาวใบมากที่สุดเมื่ออายุ 14 เดือน จนกระทั่งตลอดการทดลอง และยังพบว่าการให้ไนโตรเจนที่ระดับ 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความยาวใบมากกว่าการให้ไนโตรเจน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (พชร, 2550) ในขณะที่ Powell *et al*. (1988) รายงานว่าการให้ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้กล้วยไม้ *Cymbidium* cv ‘Pendragon Sikkim’สร้างตายอดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Arnold and Berg (1984) พบว่าการให้ไนโตรเจนในอัตราที่สูงทำให้เกิดการสร้างตาดอกเพิ่มขึ้นในกล้วยไม้ซิมบิเดียมพันธุ์เล็ก นอกจากนั้นยังพบว่าการให้ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจาก 50 –200 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยส่งเสริมการออกดอก และสร้างใบในฟาแลนนอปซิส ลูกผสมพันธุ์ดอกสีขาวได้ (Wang, 2000) เนื่องจากไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ กรดนิวคลีอิค คลอโรฟิลล์ และฮอร์โมนบางชนิด (โสระยา, 2547) เช่น ออกซิน และไซโตไคนิน ซึ่งมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตในด้านการแบ่งเซลล์ เร่งการขยายขนาดของเซลล์ และส่งเสริมการสร้างโปรตีน (มุกดา, 2544) นอกจากนั้นการให้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าทำให้กล้วยไม้ฟาแลนนอปซิสลูกผสม มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสูงต้นมากที่สุดเฉลี่ย 5.21 เซนติเมตร (พชร, 2550) เช่นเดียวกับการศึกษาของ โสระยา และคณะ (2552) พบว่าการให้ฟอสฟอรัส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แกลดิโอลัส มีความสูงต้น จำนวนดอกต่อช่อ คุณภาพดอก น้ำหนักหัว และเส้นผ่าศูนย์กลางหัวมากกว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจากฟอสฟอรัสมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นองค์ประกอบสำคัญของสารอินทรีย์ภายในพืช เช่น กรดนิวคลีอิก ฟอสโพลิพิด โคเอนไซม์ โปรตีน ไฟติน ATP และเป็นส่วนประกอบฟอสเฟตอื่นๆในกระบวนการต่างๆ (ยงยุทธ, 2546) ส่วนการให้ฟอสฟอรัสระดับความเข้มข้นที่ 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของฟรีเซีย (หทัย และโสระยา, 2548) และจากการศึกษาของ Higaki and Imamura (1978) พบว่า การให้ไนโตรเจนความเข้มข้นที่ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโพแทสเซียม 275 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กล้วยไม้ *Vanda* Miss Joaquim มีความกว้างของลำลูกกล้วยไม้กว้างที่สุด หทัย และโสระยา (2548) รายงานว่าการให้ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ฟรีเซีย มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางหัวมากที่สุด เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการลำเลียงธาตุอาหาร และสารต่างๆ ภายในพืช เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ การปิดเปิดปากใบ (โสระยา, 2547) ดังนั้นการให้ปุ๋ยกล้วยไม้จึงต้องคำนึงถึง ชนิดของกล้วยไม้ วัสดุปลูก วิธีการปลูกเลี้ยง สภาพแวดล้อมที่ปลูกเลี้ยง และช่วงระยะการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ด้วย จึ่งทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ (ระพี, 2549; ครรชิต, 2550)

5.1.2 ผลของปฏิสัมพันธ์

ผลของปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอัตราการให้ปุ๋ย และสูตรปุ๋ย พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อความหนาใบ แต่พบว่าอัตราการให้ปุ๋ย วันเว้นวัน ร่วมกับสูตรปุ๋ย 501 ทำให้พืชมีค่าเฉลี่ยความสูงต้น ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบต่อกอ จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักสดใบ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งราก และพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด อาจเนื่องจากการให้ธาตุอาหารที่ความถี่สูง พืชย่อมได้รับสารอาหารจากปุ๋ยมากตามไปด้วย โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งทั้งสามธาตุนี้พืชมีความต้องการในปริมาณสูง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ (ยงยุทธ, 2546) นอกจากนั้นการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ และการให้ปุ๋ยความเข้มข้นที่ต่ำ แต่ให้บ่อยครั้ง ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับกล้วยไม้ซิมบิเดียมส่วนใหญ่ ชอบสภาพอากาศที่เย็น อุณหภูมิเฉลี่ย 25 – 30 องศาเซลเซียส มีความต้องการความเข้มแสงประมาณ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70 – 90 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้กล้วยไม้ซิมบิเดียมมีการเจริญเติบโตได้ดี (Pan, 1996; ระพี, 2516) เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช (มุกดา, 2544) ส่วนการให้ปุ๋ย 3 วันต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้ง ร่วมกับสูตรปุ๋ย 503 ทำให้พืชมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้นมากที่สุด ขณะกรรมวิธีชุดควบคุม (น้ำเปล่า) มีค่าเฉลี่ยทุกผลการทดลองน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นพบว่าการให้ปุ๋ย วันเว้นวัน ร่วมกับสูตรปุ๋ย 501 ยังทำให้กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีคมีการเจริญเติบโตได้ดีและต่อเนื่องมากกว่ากรรมวิธีอื่นจนสิ้นสุดการทดลอง

5.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ

5.2.1 ผลของปัจจัยหลัก

ผลของอัตราการให้ปุ๋ย จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) ในเนื้อเยื่อพืช 360 วันหลังย้ายปลูก พบว่า อัตราการให้สารละลาย 6 วันต่อครั้ง มีความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ในใบ ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการให้สารละลาย 3 วันต่อครั้ง แต่มีความเข้มข้นมากกว่าการให้สารละลาย วันเว้นวัน และถึงแม้การให้สารละลาย 6 วันต่อครั้ง มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมากกว่าการให้สารละลาย วันเว้นวัน แต่เมื่อดูค่าปริมาณธาตุอาหารรวม (มิลลิกรัมต่อต้น) แล้วจะพบว่า การให้สารละลาย 6 วันต่อครั้ง มีปริมาณธาตุอาหารรวมน้อยกว่าการให้ปุ๋ย วันเว้นวัน (ตารางภาคผนวก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากพืชมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นก็มีการใช้ธาตุอาหารในกระบวนการเมแทบอลิซึมเพิ่มขึ้นด้วย เพื่อการเจริญส่วนต่างๆของพืช และพืชที่กำลังเจริญเติบโตความเข้มข้นของธาตุอาหารมักแปรปรวน เช่น เจือจางลง (dilution) ในช่วงที่พืชโตเร็ว เนื่องจากพืชหรือใบพืชมีอายุมากขึ้น (ยงยุทธ, 2546; Ruamrungsri *et al*. 2003) และในขณะเดียวกันอาจเกิดกรณีความเข้มข้นของธาตุอาหารเพิ่มขึ้นแต่การเจริญเติบโตไม่เพิ่ม (มุกดา, 2544) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี และทองแดงในใบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในอัตราการให้สารละลาย อาจเป็นระดับความเข้มข้นที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี พืชจึงไม่ดูดธาตุอาหารเพิ่มแม้ว่าจะมีการให้ปุ๋ยบ่อยครั้งก็ตาม พชร (2550) รายงานว่า การให้ปุ๋ยทุก 2 วัน ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมในฟาแลนนอปซิส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม และเหล็กในใบลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทุก 7 วัน

ผลของสูตรปุ๋ย จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) พบว่า สูตรปุ๋ย 501 มีค่าความเข้มข้นของธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และทองแดงในใบน้อยกว่าวิธีของเกษตรกร แต่หากพิจารณาจากค่าน้ำหนักแห้งรวมของใบ และรากจะพบว่า สูตรปุ๋ย 501 มีค่ามากกว่าวิธีของเกษตรกร ดังนั้นจึงชี้ให้เห็นว่าเกิดสภาวะเจือจางของความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวในการเจริญเติบโตของพืช (ยงยุทธ, 2546) ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบและรากเมื่อได้รับสูตรปุ๋ยต่างกันอยู่ในช่วง 5.42 – 7.0 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แห้งในใบ และ 5.72 – 6.35 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งในราก ซึ่งแตกต่างไม่มากนัก แต่มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม ความเข้มข้นของธาตุอื่นทุกธาตุ ยกเว้น โพแทสเซียมในราก และแมงกานีสในใบก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน แสดงให้เห็นถึงผลของสูตรปุ๋ยที่พืชได้รับต่ออัตราการดูดใช้ธาตุแต่ละชนิด ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดและระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช (อภิชาติ, 2535) Reuter and Robinson (1986) (ตารางภาคผนวกที่ 3) รายงานว่า ช่วงวิกฤติของความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบฟาแลนนอปซิสอยู่ที่ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และช่วงที่พอเพียงอยู่ในช่วง 1.5 – 2.5 เปอร์เซ็นต์ และช่วงวิกฤติของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบฟาแลนนอปซิส อยู่ที่ 0.1% เปอร์เซ็นต์ และช่วงที่พอเพียงอยู่ในช่วง 0.3 – 0.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะโพแทสเซียมพืชต้องการประมาณ 2 - 5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) และโพแทสเซียมระดับขาดแคลนขั้นวิกฤต และระดับเป็นพิษขั้นวิกฤตอยู่ในช่วง 3.0 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดของพืชที่มีความต้องการโพแทสเซียมในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (โสระยา, 2548; ยงยุทธ, 2546)

5.2.2 ผลของปฏิสัมพันธ์

ผลของปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอัตราการให้ปุ๋ย และสูตรปุ๋ย พบว่า อัตราการให้ปุ๋ยร่วมกับสูตรปุ๋ย มีผลทำให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก และทองแดง มีค่าแตกต่างกัน การให้สารละลาย วันเว้นวัน ร่วมกับกรรมวิธีของเกษตรกร พบว่า ทำให้พืชมีความเข้มข้นของ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในใบมาก แต่ไม่แตกต่างกับอัตราการให้ปุ๋ย 3 วันต่อครั้ง และ 6 วันต่อครั้ง ร่วมกับกรรมวิธีของเกษตรกร โดยทั่วไปการให้ธาตุอาหารที่ความถี่สูงพืชย่อมได้รับสารอาหารจากปุ๋ยมากตามไปด้วย (ยงยุทธ, 2546) แต่อย่างไรก็ตาม สูตรปุ๋ยที่พืชได้รับก็มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุต่างๆ เช่นเดียวกัน และทั้งสองปัจจัยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และการให้ปุ๋ยทุก 2 วันต่อครั้งทำให้พืชมีความเข้มข้นและปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมในใบกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิสลูกผสม มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม และเหล็กในใบลดลง เนื่องจากการให้ปุ๋ยทุก 2 วัน ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนทำให้ต้นมีขนาดใหญ่กว่าต้นที่ได้รับน้ำประปาเพียงอย่างเดียว (พชร, 2550) และ Dole and Wilkins (1999) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (2.7 – 5.6, 0.4 – 1.2 และ 3.1 – 5.9 เปอร์เซ็นต์) ที่สะสมในใบทำให้ฟรีเซียมีการเจริญเติบโตได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในราก

5.3.1 ผลของปัจจัยหลัก

ผลของอัตราการให้ปุ๋ย จากการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) ในเนื้อเยื่อพืช 360 วันหลังย้ายปลูก พบว่า อัตราการให้ปุ๋ยวันเว้นวัน ทำให้พืชมีความเข้มข้นของไนโตรเจน และแคลเซียมในรากมากที่สุด ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนที่พบในเนื้อเยื่อของพืชมีทั้งที่เพิ่งดูดเข้าไปและยังไม่เปลี่ยนแปลงกับอินทรีย์สาร มีการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่จากไนเตรท แอมโมเนียม และยูเรียที่พืชดูดได้ และกระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโนและอะไมด์เกิดได้ทั้งในรากและส่วนเหนือดิน โดยใช้เอนไซม์ 3 ชนิดคือ glutamine synthetase, glutamate synthase และ transaminase ซึ่งส่วนใหญ่รากเป็นอวัยวะที่ดูดแอมโมเนียม ดังนั้นกิจกรรมการใช้ประโยชน์จึงเกิดมากที่ราก (ยงยุทธ, 2546) ไนโตรเจนที่พืชได้รับจะส่งเสริมการเจริญเติบโตส่วนของยอดมากกว่าราก ทำให้พืชมีการใช้ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นไปด้วย การได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่พอเหมาะพืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบอย่างรวดเร็ว ส่วนแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายยาก ดังนั้นเมื่อแคลเซียมอยู่ในเนื้อเยื่อแล้วจึงไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปที่อื่น และถ้ามีการเคลื่อนย้ายของแคลเซียมต้องใช้ทางไซเลมเป็นหลัก (โสระยา, 2547; สมบุญ, 2544; ยงยุทธ, 2546) การให้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชมีการสะสมแคลเซียมในเนื้อเยื่อมากขึ้นด้วย การให้ปุ๋ย 6 วันต่อครั้ง พบว่า ทำให้พืชมีความเข้มข้นของโพแทสเซียม และแมกนีเซียมมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาจากค่าน้ำหนักแห้งรวมของรากแล้ว พบว่า ค่าปริมาณของธาตุดังกล่าวรวมในราก มีค่าน้อยกว่าการให้ปุ๋ยวันเว้น การทดลองในครั้งนี้ยังพบว่า การให้ปุ๋ย 3 วันต่อครั้ง ทำให้พืชมีความเข้มข้นของเหล็กในรากมาก แต่ไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ย วันเว้นวัน เนื่องจากเหล็กเป็นธาตุที่พืชมีความต้องการน้อย การให้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และยังทำให้เกิดการสะสมในอวัยวะเซลล์พืชหรือเกิดความเป็นพิษได้ ส่วนแมงกานีส สังกะสี และทองแดง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในอัตราการให้สารละลาย อาจเป็นระดับความเข้มข้นที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้

ผลของสูตรปุ๋ย จากการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร พบว่า สูตรปุ๋ย 501, 502, 503 และ 504 มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และแคลเซียมในรากน้อยกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร ซึ่งเกิดเนื่องจากสภาวะเจือจางของธาตุอาหารเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในใบ ส่วนการให้ปุ๋ยสูตร 504 พบว่า มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม และเหล็กมากที่สุด ซึ่งปุ๋ยสูตร 504 มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 100: 150: 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากความเข้มข้นดังกล่าวของโพแทสเซียม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน ส่งผลกระทบต่อการดูดใช้ธาตุอื่น ทำให้มีค่าความเข้มข้นของธาตุอื่นในรากแตกต่างกันไปด้วย สูตรปุ๋ย 503 ซึ่งประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีความเข้มข้น 200 : 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ทำให้พืชมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และทองแดงมากที่สุด เนื่องจากสูตรปุ๋ยดังกล่าวมีความเข้มข้นของธาตุทั้ง 3 สูงที่สุดในการทดลอง แต่พบว่าการเจริญเติบโตของพืชน้อยกว่าการให้ปุ๋ยสูตร 501 ซึ่งมีระดับฟอสฟอรัสน้อยกว่า จากการศึกษาของ หทัย (2548) พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนร่วมกับฟอสฟอรัส มีผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากด้วย กล่าวคือ ระดับของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สูงขึ้น ทำให้พืชมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชสูงขึ้น ส่วนฟอสฟอรัสที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโพแทสเซียม100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชสูงกว่าการได้รับโพแทสเซียม 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอวัยวะของพืชและระยะเวลาการเจริญเติบโต นอกจากนั้นการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่า การให้ปุ๋ยสูตร 502 ทำให้พืชมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในรากมากที่สุด และปุ๋ยสูตร 502 ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่มีความเข้มข้น 100 : 100 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปุ๋ยสูตร 502 มีความเข้มข้นของปุ๋ยน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม ซึ่งมักเกิดสภาวะแข็งขันกับธาตุแมกนีเซียม แมกนีเซียมจะแก่งแย่งแข่งขัน โดยยับยั้งการดูดใช้ธาตุตัวอื่นที่มีไอออนบวก เช่น NH_4^+, K^+ และ Fe^{2+} (Allen and Pilbeam, 2007) จากการทดลองนี้ยัง พบว่า ความเข้มข้นของแมงกานีส และสังกะสีในรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5.3.2 ผลของปฏิสัมพันธ์

ผลของปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอัตราการให้ปุ๋ย และสูตรปุ๋ย พบว่า อัตราการให้ปุ๋ยทุกอัตรา ร่วมกับสูตรปุ๋ย 501, 502, 503 และ 504 ทำให้พืชมีความเข้มของ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมน้อยกว่าการให้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร นอกจากนั้นยังพบว่าการให้ปุ๋ย วันเว้นวัน ร่วมกับสูตรปุ๋ย 503 และ 504 ทำให้พืชมีความเข้มของ แมงกานีส ทองแดง และโพแทสเซียมในรากมากที่สุด เนื่องจากการให้ปุ๋ยวันเว้นวัน เป็นการให้ธาตุอาหารที่ความถี่สูง ประกอบกับสูตรปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน การให้ปุ๋ยที่ความถี่สูงพืชย่อมได้รับสารอาหารจากปุ๋ยมากตามไปด้วย ซึ่งทั้งสามธาตุนี้พืชมีความต้องการในปริมาณสูง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ และพืชมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันตามการพัฒนาของอวัยวะของพืช โดยทั่วไปพืชสามารถปรับการดูดซึมธาตุอาหารจากรากให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณรอบๆ รากส่งผล ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืชค่อนข้างจะน้อย ความเข้มข้นของธาตุอาหารในรากจะมีมากกว่าในใบ ซึ่งไอออนถูกสะสมโดยรากพืชแล้วส่งต่อไปยังใบและผล การวิเคราะห์จากทุกส่วนของพืชจึงสำคัญต่อการศึกษาถึงอิทธิพลของความเครียดจากธาตุอาหารต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของราก การขนส่งไอออนภายในพืช และความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต และการดูดซึมธาตุอาหาร (ยงยุทธ, 2546; Reuter and Robinson, 1986) ส่วนอัตราการให้ปุ๋ย 3 วันต่อครั้ง ร่วมกับสูตรปุ๋ย 502 และ 503 พบว่าทำให้พืชมีความเข้มข้นของเหล็ก และฟอสฟอรัสในรากมากที่สุด และการให้ปุ๋ย 6 วันต่อครั้ง ร่วมกับสูตรปุ๋ย 502 ทำให้พืชมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในรากมากที่สุด เนื่องจากธาตุอาหารบางธาตุพืชมีความต้องการต่อการเจริญเติบที่น้อย โดยเฉพาะธาตุ แมงกานีส เหล็ก สังกะสี และทองแดง เป็นจุลธาตุ ซึ่งพืชมีความต้องการปริมาณน้อย ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดิเรก, 2550) นอกจากนั้นปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอัตราการให้ปุ๋ย และสูตรปุ๋ยในกรรมวิธีต่างๆ พบว่าความเข้มข้นของสังกะสีในรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การทดลองที่ 2 ผลของการขาดธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค

จากการศึกษาผลของการขาดธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค จำนวน 6 กรรมวิธีดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นครบถ้วน จำนวน 13 ธาตุ (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุไนโตรเจน (-N) กรรมวิธีที่ 3 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส (-P) กรรมวิธีที่ 4 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียม (-K) กรรมวิธีที่ 5 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุแคลเซียม (-Ca) กรรมวิธีที่ 6 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม (-Mg) และกรรมวิธีที่ 2 - 6 พืชได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นอื่นเท่ากับกรรมวิธีที่ 1 ให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารทุก 3 วัน ต้นละ 100 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 300 วัน ให้ผลการทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.4 การเจริญเติบโต และอาการขาดธาตุของกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค

5.4.1 ผลของการขาดไนโตรเจน

กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค มีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อยกว่ากรรมวิธีชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นการขาดไนโตรเจน ยังทำให้ต้นแคระแกร็น การเจริญเติบโตช้า ใบมีสีเขียวอ่อนจนถึงเหลืองซีด ใบมีขนาดเล็ก แคบและสั้น พบปลายใบแห้งตายทำให้จำนวนใบลดลงเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการมากในการเจริญเติบโต เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่างๆ กรดนิวคลีอิก เช่น RNA และ DNA เอนไซม์ โคเอนไซม์ สารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ฮอร์โมนบางชนิด ได้แก่ ออกซิน และไซโทไคนิน รวมถึงคลอโรฟิลล์ และยังมีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง และการแบ่งเซลล์ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; ยงยุทธ, 2546) ดังนั้นเมื่อพืชอยู่ในสภาวะที่ขาดไนโตรเจนพืชมีการเจริญเติบโตช้า มีความสูงลดลง และอ่อนแอ ใบแก่หรือใบล่างของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนๆ ถึงสีเหลือง (chlorosis) หรือเหลืองปนส้มผิดปกติ เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ และกระจายไปทั่วต้นพืช ปลายใบและขอบใบจะค่อยๆ แห้งลุกลามเข้าไปใน แผ่นใบ กาบใบ หรือก้านใบ และทำให้ใบร่วงหล่นจากต้นในที่สุด (Ruamrungsri *et al*. 2003; มุกดา, 2544) และจากการศึกษาของ Yoneda *et al*. (1999) รายงานว่า การให้ไนโตรเจนน้อยหรือลดลง ทำให้พืชมีการสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลต่อการเกิดหัวใหม่ของ *Odontoglossum* ลดลง มีรากน้อย และเล็ก วัชรพล และคณะ (2546) รายงานว่า หงส์เหินที่ขาดไนโตรเจนทำให้ส่วนเหนือดินแคระแกร็น ต้นเล็ก การเจริญเติบโตช้า ใบมีสีเหลืองซีดมีขนาดเล็ก และรากมีการแตกแขนงน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม Ruamrungsri *et al*. (1996) รายงานว่า นาซิสซัสพันธุ์ Garden Giant ที่ขาดไนโตรเจน พบว่าการเจริญของยอดหยุดชะงัก ใบมีลักษณะเล็กและแคบ ทำให้มีน้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบต่ำกว่าปกติ นอกจากนั้นยังพบว่า ใบเหลือง และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำลง

5.4.2 ผลของการขาดฟอสฟอรัส

กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค ในกรรมวิธีที่ขาดฟอสฟอรัส มีความสูงทรงพุ่ม ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีชุดควบคุม อาจเป็นเพราะว่า การขาดธาตุฟอสฟอรัสนั้นลักษณะใบของกล้วยไม้ยังตั้งตรงไม่แผ่กว้างออกด้านข้าง จึงทำให้ไม่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีชุดควบคุม แต่การเจริญเติบโตด้านอื่น มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการขาดธาตุฟอสฟอรัส ยังทำให้กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค แสดงอาการทรงพุ่มแคบ เส้นกลางใบแข็งตรง กาบใบมีลักษณะเป็นสีเหลือง ใบมีขนาดเล็ก ผิวใบมีลักษณะด้านไม่เป็นมัน ใบแก่มีสีเขียวเข้ม โคน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใบมีสีเหลือง และมีจำนวนใบน้อย เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสารประกอบฟอสเฟต เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (ATP) ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารในกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ การสังเคราะห์แสง การหายใจ การแบ่งเซลล์ และในกระบวนการแปรรูปของสารต่างๆ (มุกดา, 2544) เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัส ก็จะเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังเนื้อเยื่อส่วนที่กำลังเจริญเติบโต จึงทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุให้เห็นที่ใบแก่ก่อน ลักษณะต้นแคระแกร็น ชะงักการเจริญเติบโต ใบแก่มีสีเขียวหม่น หรือ เขียวเข้มมากขึ้น ลำต้น กลีบดอก อาจจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง และการเจริญสู่ช่วงเต็มวัยของพืช (plant maturity) มักช้าลง (อรวรรณ, 2551) จากการศึกษาของ Yoneda *et al* (1997) รายงานว่า *Phalaenopsis* ที่ขาดฟอสฟอรัส ทำให้ใบที่เกิดใหม่สั้น ใบมีลักษณะบิดเบี้ยว ใบเป็นสีม่วงโดยเริ่มจากปลายใบและ ค่อยๆขยายไปทั่วแผ่นใบ ใบแก่มีลักษณะเป็นสีแดงคล้ายกับการย้อมสี และร่วงไปในที่สุด

5.4.3 ผลของการขาดโพแทสเซียม

กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค ในกรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียม มีความสูงต้น ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบต่อต้น จำนวนหน่อต่อกอ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกับกรรมวิธีชุดควบคุม อาจเป็นเพราะว่าโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชในช่วงระยะที่พืชกำลังออกดอก หรือกำลังให้ผลผลิต และทำให้ผลผลิตมีความหวานเพิ่มขึ้นมากกว่าระยะการเจริญด้านวัฒนภาค (vegetative phase) และปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในระดับต่ำปานกลาง การขาดโพแทสเซียมยังมองไม่เห็นชัดเจน และจะเห็นชัดเจนต่อเมื่อผลผลิตได้ลดลงและเสียหายไปมากแล้ว (อรวรรณ, 2551) ดังนั้นจึงทำให้กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค มีการเจริญเติบโตได้ในระยะหนึ่ง ซึ่งโพแทสเซียมที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์และกระบวนการเปลี่ยนแปลงความเต่งของเซลล์ สัมพันธ์อยู่กับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในแวคคิวโอล ในลักษณะนี้อาจใช้ไอออนอื่น เช่น Na^{+}, Mg^{2+} และ Ca^{2+} ตลอดจนตัวละลายอินทรีย์ (เช่น น้ำตาล) ทดแทนโพแทสเซียมได้ระดับหนึ่ง (ยงยุทธ, 2546) และพืชแต่ละชนิดก็มีความต้องการโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน พืชหัวมีความต้องการโพแทสเซียมในปริมาณมากกว่าพืชที่ให้โปรตีน (มุกดา, 2544) และจากการทดลองในครั้งนี้พบว่า การขาดโพแทสเซียม เมื่อ 300 วัน หลังย้ายปลูก ทำให้กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค แสดงอาการใบมีลักษณะแคบและเล็ก ใบเหลือง ปลายใบบางและโค้งอ่อน ปลายใบแห้ง มีลำลูกกล้วยเล็ก (pseudo-bulb) นอกจากนั้นยังพบว่า จำนวนใบต่อกอ ความหนาใบ และน้ำหนักสดใบน้อยกว่ากรรมวิธีชุดควบคุม เพราะโพแทสเซียมเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ มีส่วนร่วมส่งเสริมเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงมากขึ้น และช่วยในการควบคุมศักย์ออสโมซิส ซึ่งมีผลต่อการขยายขนาดเซลล์ มีผลทำให้พืชแข็งแรง ช่วยเพิ่มความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้านทานต่อโรค และทนต่อความแห้งแล้ง ถ้าขาดโพแทสเซียมทำให้พืชมีการเจริญเติบโต และผลผลิตไม่สมบูรณ์ (มุกดา, 2544, อรวรรณ, 2551)

5.4.4 ผลของการขาดแคลเซียม

กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค ในกรรมวิธีที่ขาดแคลเซียม มีความสูงต้น ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบต่อต้น จำนวนใบต่อกอ จำนวนหน่อต่อกอ พื้นที่ใบ น้ำหนักสดใบ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกับกรรมวิธีชุดควบคุม แต่มีความหนาใบน้อยกว่ากรรมวิธีชุดควบคุม การขาดแคลเซียมโดยรวมแล้ว กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค มีการเจริญเติบโตได้ในระยะหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชมัยพร (2553) รายงานว่า กรรมวิธีที่ไม่ได้รับแคลเซียมเลย กล้วยไม้แวนดาสันทรายบลูไม่แสดงอาการขาดธาตุอย่างเด่นชัด แต่หากปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลานานมากขึ้น คาดว่าพืชจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารออกมา ในขณะการศึกษาของ Yoneda *et al* (1997) พบว่า *Phalaenopsis* ที่ขาดแคลเซียม ทำให้พืชมีการเจริญเติบโต และก้านดอกแสดงอาการขาดธาตุไม่เด่นชัด และการทดลองในครั้งนี้เมื่อปลูกเลี้ยงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น พบว่ากล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีคขาดแคลเซียมมีลักษณะใบอ่อนโค้งงอเล็กน้อยหักและขาดง่าย นอกจากนั้นยังพบว่า ขนาดของลำลูกกล้วย (pseudo-bulb) เล็กกว่ากรรมวิธีชุดควบคุม เนื่องจากแคลเซียมมีความจำเป็นสำหรับโครงสร้างของเนื้อเยื่อผนังเซลล์ แคลเซียมจึงมีอยู่มากในบริเวณผนังเซลล์ และเกี่ยวข้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์ (cell division) รวมทั้งกลไกการซึมผ่านของน้ำ (permeability) ส่งผลให้มีกลไก permeability มากขึ้น และกลไกการดูดธาตุอาหารก็จะมีปัญหา (อรวรรณ, 2551) ดังนั้นถ้าพืชได้รับแคลเซียมในปริมาณที่ต่ำ จะทำให้ผนังเซลล์อ่อนแอ ใบอ่อนจะบิดเบี้ยว ปลายใบจะม้วนงอกลับเข้าหาลำต้น ขอบใบจะม้วนลงข้างล่าง ตามขอบใบจะขาดเป็นริ้ว และหยักไม่เรียบขอบใบแห้งเป็นสีน้ำตาล (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

5.4.5 ผลของการขาดแมกนีเซียม

กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีชุดควบคุม อาจเป็นเพราะว่าแมกนีเซียมที่มีอยู่ในวัสดุปลูก 0.30 เปอร์เซ็นต์ และน้ำที่ใช้รด 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ในระยะหนึ่ง นอกจากนี้ยังพบว่าการขาดธาตุแมกนีเซียมไม่ได้จำกัดการเจริญเติบโตของกล้วยไม้คัทลียา (Davidson, 1957) และจากการศึกษาของ ชมัยพร (2553) รายงานว่า กรรมวิธีที่ไม่ได้รับแมกนีเซียมเลย กล้วยไม้แวนดาสันทรายบลูไม่แสดงอาการขาดธาตุอย่างเด่นชัด แต่หากปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลานานมากขึ้น คาดว่าพืชจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารออกมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในขณะการศึกษาของ Spiers and Braswell (2001) รายงานว่า ราสเบอรี่ พันธุ์ Navaho ได้รับแมกนีเซียมในระดับความเข้มข้นที่ต่ำ พืชก็สามารถเจริญเติบโตได้ แต่ใบและเส้นใบเริ่มแสดง chlorosis เช่นเดียวกับการศึกษาการปลูกกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค ในระยะเบื้องต้นยังไม่พบว่าพืชแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม พืชสามารถเจริญเติบโตได้ จนกระทั่งพืชมีการเจริญเพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่ยาวนาน 300 วันหลังย้ายปลูก พืชแสดงอาการใบและกาบใบมีสีเขียวอมเหลือง ใบบิดเล็กน้อย ปลายใบแก่แห้งตาย และมีขนาดของลำลูกกล้วย (pseudo-bulb) เล็กกว่ากรรมวิธีชุดควบคุม เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนได้ในต้นพืช และเป็นส่วนประกอบสำคัญของคลอฟิลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาหลักของการถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์แสง มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และยังช่วยในการปลุกฤทธิ์ (activator) ให้เอนไซม์ที่เกี่ยวกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และ citric acid cycle ซึ่งสำคัญในการหายใจของเซลล์และถ่ายโอนพลังงาน (ยงยุทธ, 2543; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ถ้าพืชขาดธาตุแมกนีเซียมจะแสดงอาการดังที่กล่าวมาข้างต้น

5.5 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช

5.5.1 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ

ผลของการขาดไนโตรเจน จากการศึกษาและวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนของใบกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารต่างกันเป็นระยะเวลา 300 วันหลังย้ายปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ขาดไนโตรเจนมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบต่ำที่สุด (3.13 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) กรรมวิธีชุดควบคุมมีความเข้มข้นของไนโตรเจนมากที่สุด อาจเป็นเพราะว่า กรรมวิธีชุดควบคุมเป็นกรรมวิธีที่ให้สารละลายที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชครบครบถ้วน จำนวน 13 ธาตุ จึงทำให้พืชมีความเข้มข้นในใบมากตามไปด้วย และยังทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดีตามปกติกว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจากพืชกำลังอยู่ในช่วงระยะการเจริญเติบโตจำเป็นต้องใช้ธาตุไนโตรเจนในกระบวนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

ส่วนกรรมวิธีที่ขาดฟอสฟอรัส พบว่า กรรมวิธีที่ขาดฟอสฟอรัส มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำที่สุด (16.77 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) กรรมวิธีชุดควบคุมมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัส สามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจน ซึ่งทั้งสองเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชมีความต้องการมากในการเจริญเติบโต

ผลของการขาดโพแทสเซียม พบว่า กรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียม มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบน้อยกว่าทุกกรรมวิธี กรรมวิธีที่ขาดแคลเซียม และกรรมวิธีที่ขาดแมกนีเซียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูงกว่ากรรมวิธีอื่น และไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากสภาวะการแก่งแย่งกันของอนุมูลที่เป็นประจุบวก ได้แก่ K^+, Mg^{2+} และ Ca^{2+} (Allen and Pilbeam, 2007) เมื่อพืชไม่ได้รับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ในกรรมวิธีดังกล่าว จึงทำให้มีการดูดใช้ K^+ ได้มากกว่ากรรมวิธีอื่น

ผลของการขาดแคลเซียม พบว่า กรรมวิธีที่ขาดแคลเซียม มีความเข้มข้นของแคลเซียมในใบไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียม และกรรมวิธีที่ขาดแมกนีเซียม พืชมีความเข้มข้นของแคลเซียมในใบสูง อาจเป็นเพราะว่าในกรรมวิธีที่ขาดแคลเซียม พืชยังได้รับแคลเซียมบางส่วนจากน้ำ และวัสดุปลูก และแคลเซียมเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้าย จึงทำให้การสะสมแคลเซียมในใบไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม การไม่ได้รับธาตุแคลเซียม ทำให้พืชมีการดูดของโพแทสเซียม และแมกนีเซียมได้มาก เนื่องจากทั้งสองธาตุนี้มีปฏิสัมพันธ์ในการแก่งแย่งกันกับแคลเซียม (ยงยุทธ, 2543)

ผลของการขาดแมกนีเซียม พบว่า พืชมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบต่ำที่สุด (13.88 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) กรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียม พืชมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบมากที่สุด ซึ่งในระดับของ exchangeable K^+ เกี่ยวข้องกับการแทรกแซงการดูดซึม Mg ของพืชได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอัตราส่วนของ K : Mg คือ < 5 : 1 สำหรับ field crops, 3 : 1 สำหรับพืชผัก และ sugar beets และ 2 : 1 สำหรับไม้ผลและพืชในโรงเรือน นอกจากนั้นการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมอาจทำให้ขาดแมกนีเซียมได้ (อรวรรณ, 2551; มุกดา, 2544) และพืชอาจดูดใช้โพแทสเซียมในการเจริญเติบที่ไม่มากนักในช่วงแรกๆ แต่เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตที่มากขึ้นจะดูดใช้โพแทสเซียมมากขึ้นด้วย เนื่องจากโพแทสเซียมมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้าง และเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล นอกจากนั้นโพแทสเซียมที่มีอยู่ในเซลล์จะมีปฏิสัมพันธ์เสริมกัน (synergistic interaction) กับ GA_3 ที่ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ มีผลต่อการยืดตัวของลำต้น และบริเวณที่กำลังขยายตัวของเนื้อเยื่อ นอกจากนั้นยังมี IAA และไซโตไคนิน ที่ช่วยปรับให้ผนังเซลล์มีความยืดหยุ่น ช่วยในการขยายขนาดของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ (มุกดา, 2544; โสระยา, 2547; ยงยุทธ, 2546) จึงทำให้พืชเจริญเติบโตได้ในระยะหนึ่ง

ส่วนความเข้มข้นของธาตุอื่นๆในใบที่เป็นจุลธาตุหรือจุลภาค พืชมีความต้องการน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ และการเพิ่มจุลธาตุให้ในการทดลองในครั้งนี้ทุกกรรมวิธี ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุเหล่านั้นแตกต่างกันในใบ ซึ่งแปรผันไปตามการเจริญเติบโตของพืชและสมดุลย์กับธาตุอื่นที่ศึกษา เนื่องจากพืชมีความต้องการธาตุเหล่านี้ในการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน และจากการทดลองพบว่า.ในกรรมวิธีที่ขาดแมกนีเซียม ทำให้พืชมีความเข้มข้นของทองแดงในใบน้อย ส่วนกรรมวิธีชุดควบคุม ทำให้พืชมีความเข้มข้นของแมงกานีสในใบน้อย แต่มีความเข้มข้นของเหล็กมาก ขณะที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรรมวิธีที่ขาดฟอสฟอรัส มีความเข้มของ แมงกานีสและทองแดงสูง เช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียมและแคลเซียม ในขณะสังกะสีไม่มีความแตกต่างกัน Spiers and Braswell (2001) ศึกษาการเพิ่มหรือลดของจุลธาตุ จากผลของการเพิ่มไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในราสเบอรี่ พันธุ์ Navaho พบว่า การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจน ทำให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบลดลง แต่ทองแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ทำให้พืชมีความเข้มข้นของทองแดงในใบลดระดับลง แต่ไม่ผลต่อสังกะสี ส่วนการให้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้พืชมีความเข้มข้นของทองแดงเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อธาตุอื่นๆ ในขณะที่ระดับแคลเซียมที่เพิ่มขึ้น ทำให้พืชมีความเข้มข้นของทองแดงในใบลดลง และการให้แมกนีเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้พืชมีความเข้มข้นของทองแดงและแคลเซียมลดลง ซึ่งธาตุอาหารดังกล่าวแม้ว่าพืชมีความต้องการน้อย แต่ก็ขาดไม่ได้ ถ้าพืชขาดทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (โสระยา, 2547)

5.5.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในราก

ผลของการขาดไนโตรเจน จากการศึกษาและวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนของรากกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารต่างกันเป็นระยะเวลา 300 วันหลังย้ายปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ขาดไนโตรเจน มีความเข้มข้นของไนโตรเจนน้อยที่สุด กรรมวิธีที่ขาดฟอสฟอรัส มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากมากที่สุด เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ดังนั้นเมื่อขาดธาตุฟอสฟอรัสจึงมีผลกระทบต่อธาตุอื่น ในขณะไนโตรเจนพืชสามารถดูดไปใช้ได้ทั้งรูป NH_4^+ และ NO_3^- จึงมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอื่นๆน้อย (ยงยุทธ, 2546) และจากการศึกษาของ Ruamrungsri *et al*. (1996) (จากตารางที่ 3) พบว่า กรรมวิธีที่ขาดธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ทำให้นาซิสซัสพันธุ์ Garden Giant มีความเข้มข้นของธาตุเหล่านี้ในใบ และรากน้อยที่สุด นอกจากนั้นการขาดธาตุไนโตรเจนไม่มีผลต่อองค์ประกอบของธาตุอื่น ในขณะการขาดธาตุฟอสฟอรัส ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมลดลง 10 – 20 เปอร์เซ็นต์

ผลของการขาดฟอสฟอรัส พบว่า กรรมวิธีชุดควบคุม กรรมวิธีที่ขาดไนโตรเจน กรรมวิธีที่ขาดฟอสฟอรัส กรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียม และกรรมวิธีที่ขาดแมกนีเซียม มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากสูง อย่างไรก็ตามในกรรมวิธีที่ขาดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมีค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสรวมในรากจึงมีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น นอกจากนั้นจากการที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบ มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น จึงมีผลทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในกระบวนการถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารในกระบวนการต่างๆ เป็นองค์ประกอบสำคัญในกรดนิวคลีอิก และไฟติน นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของฟอสโฟลิพิด (phospholipids) (มุกดา, 2544; โสระยา, 2547) เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัส จึงทำให้ธาตุต่างๆเคลื่อนที่ได้ยาก จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตช้าและแสดงอาการผิดปกติ เนื่องจากธาตุเหล่านี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ จากผลการทดลองจะพบว่าการขาดฟอสฟอรัสทำให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม

ผลของการขาดโพแทสเซียม พบว่า กรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียมมีค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในรากน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการขาดธาตุโพแทสเซียมพืชแสดงอาการ เช่น ใบมีลักษณะแคบและเล็ก ใบเหลือง ปลายใบบางและโค้งอ่อน ปลายใบแห้ง มีลำลูกกล้วยเล็ก (pseudo-bulb) ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมมีส่วนในการรีดิวซ์ไนเตรต ที่เคลื่อนย้ายทางไซเลม เนื่องจากโพแทสเซียมมีไอออนเป็นประจุบวกจะจับไอออนประจุตรงข้าม คือประจุลบของไนเตรต เพื่อให้เกิดสมดุลจำเป็นต้องเพิ่มแอนไอออนของกรดอินทรีย์ (ส่วนมากคือมาเลต) และเคลื่อนย้ายทางโฟลเอ็มย้อนกลับสู่รากหลังจากนั้นมาเลตถูกเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันกลายเป็นไบคาร์บอเนตซึ่งถูกขับออกจากราก (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งถ้าพืชขาดโพแทสเซียมกระบวนการนี้จะไม่เกิดขึ้น

ผลของการขาดแคลเซียม พบว่า กรรมวิธีที่ขาดแคลเซียม มีผลทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในรากน้อยที่สุด ในขณะที่การขาดโพแทสเซียม ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในรากมากที่สุด ซึ่งเกิดจากสภาวะแก่งแย่งกันระหว่างอนุมูลทั้งสอง (Allen and Pilbeam, 2007) Hugh (1978) ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆของกล้วยไม้ *Phalaenopsis* พบว่า มีความเข้มข้นของแคลเซียม 0.15 ถึง 0.35 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองนี้กล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีคมีความเข้มข้นของแคลเซียมในรากอยู่ในช่วง 0.9 – 2.1 เปอร์เซ็นต์ พืชแสดงอาการขาดไม่ค่อยชัดเจน ในระยะเวลาที่พืชอายุไม่มากนัก แต่เมื่อมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นและเวลาที่ยาวนานขึ้น พืชแสดงอาการขาดธาตุแคลเซียมดังที่กล่าวมาข้างต้น และจากการวิเคราะห์ธาตุแคลเซียมในวัสดุปลูกมีความเข้มข้นที่ 0.36 เปอร์เซ็นต์ และในน้ำที่ใช้รดมีค่าเฉลี่ย 1.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ไม่สมบูรณ์

ผลของการขาดแมกนีเซียม พบว่า พืชมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในรากน้อยที่สุด (45.59 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) กรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียม มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในรากมากที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารในใบกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค ที่ขาดแมกนีเซียม และสามารถอธิบายเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงการขาดแมกนีเซียมในใบ

ในขณะที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในรากของกล้วยไม้ซิมบิเดียมซูเปอร์ฟรีค ที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่า กรรมวิธีชุดควบคุม มีความเข้มข้นของแมงกานีสมากที่สุด ซึ่งปกติแมงกานีสในเซลล์พืชมีอยู่ประมาณ 20 ถึง 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าพืชได้รับน้อยกว่า 15 ถึง 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พืชจึงแสดงอาการขาดแมงกานีส (สำเนา, 2535) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์เปลือกสนที่ใช้ปลูก พบว่า มีความเข้มข้นของแมงกานีสประมาณ 36.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอาจเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ เนื่องจากพืชไม่แสดงอาการขาดธาตุให้เห็นชัดเจน ส่วนทองแดง ในเซลล์พืชมีความเข้มข้นของทองแดงประมาณ 1 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และพืชจึงแสดงอาการขาดเมื่อ มีความเข้มข้นต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และระดับวิกฤติของทองแดงในเนื้อเยื่อพืชอยู่ระหว่าง 5 ถึง 15 มิลลิกรัมต่อลิตร (มุกดา, 2544) และจากการวิเคราะห์เปลือกสนที่ใช้ปลูก พบว่ามีความเข้มข้นของทองแดงประมาณ 12.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความเข้มข้นของทองแดงต่ำกว่าระดับวิกฤติ แต่พืชก็ไม่แสดงอาการขาดธาตุดังกล่าว อาจเป็นระดับที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ในขณะที่ความเข้มข้นของสังกะสีไม่สามารถวัดออกมาได้ และความเข้มข้นของเหล็กไม่มีความแตกต่างกัน อาจเป็นไปได้ว่า พืชมีความต้องการแมงกานีส และทองแดงในการเจริญเติบโตมากกว่าเหล็ก และสังกะสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved