ผลของวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารต่อการดูดและการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนในปทุมมา

Effect of application methods of nutrient solution on nitrogen uptake and translocation in *Curcuma alismatifolia* Gagnep.

ชมัยพร อนุวงศ์[1,2], ทาคุจิ โอยาม่า[2], คุนิ ซึเอะโยชิ[2], โนริคุนิ โอตาเกะ[2], ทาคาชิ ซาโตะ[3] และ โสระยา ร่วมรังษี[1,4*]

Chamaiporn Anuwong[1,2], Takuji Ohyama[2], Kuni Sueyoshi[2], Norikuni Ohtake[2], Takashi Sato[3] and Soraya Ruamrungsri[1,4*]

บทคัดย่อ: ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา ตั้งแต่เริ่มงอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ งานวิจัยนี้มีจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการดูดและการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนไปยังส่วนต่างๆ ของไม้ดอกนี้ หลังจากการให้สารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก ผิวใบด้านบน หรือผิวใบด้านล่าง ในระยะที่พืชมีใบจำนวน 3 ใบคลี่ นาน 4 ชั่วโมง โดยสารละลายธาตุอาหารที่ให้ประกอบด้วยไนโตรเจน (ในรูปของ $Na^{15}NO_3$) ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โมลิบดีนัม และโบรอน ในความเข้มข้น 100, 50, 100, 25, 25, 5, 0.5, 0.025, 0.015, 0.015 และ 1.0 มก./ล. ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารผ่านทางผิวใบด้านบน ทำให้อัตราการดูดธาตุไนโตรเจน (0.923 ไมโครกรัม/ต้น/ชั่วโมง) สูงกว่าการให้ผ่านผิวใบด้านล่าง (0.622 ไมโครกรัม/ต้น/ชั่วโมง) หรือการให้ทางราก (0.802 ไมโครกรัม/ต้น/ชั่วโมง) และไม่ว่าจะให้สารละลายธาตุอาหารด้วยวิธีใดก็ตาม พืชเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนไปไว้ในใบมากที่สุด ประมาณ 47-57% รองลงมาคือ การเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่เก็บสะสมอาหารใต้ดิน (หัวเก่า หัวใหม่ และตุ้มราก) ประมาณ 26-44%

คำสำคัญ: วิธีการให้สารละลายธาตุอาหาร, การดูด, การเคลื่อนย้าย, ไนโตรเจน, ปทุมมา

ABSTRACT: Nitrogen is a macroelement which is important to the growth and development of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. from sprouting to rhizome harvest. The aim of this study was to monitor nitrogen uptake and translocation to different organs of this flower crop after the nutrient solution was applied to the plants at the 3 fully expanded leaf stage via roots, upper leaf surface or lower leaf surface for four hours. The nutrient solution used in this experiment comprised of nitrogen (in the form of $Na^{15}NO_3$), phosphorus, potassium, magnesium, calcium, iron, manganese, zinc, copper, molybdenum and boron at 100, 50, 100, 25, 25, 5, 0.5, 0.025, 0.015, 0.015 and 1.0 mg/l, respectively. The results showed that nutrient solution application on the upper leaf surface resulted in a higher nitrogen uptake rate (0.923 μg/ plant/ h) than that on the lower surface (0.622 μg/ plant/ h) or that through the roots (0.802 μg/ plant/ h). Regardless of how the nutrient solution was applied, most of the nitrogen (about 47-57%) was translocated to the leaves. The second highest proportion of nitrogen (about 26-44%) was translocated to underground storage organs (old rhizome, new rhizome and storage roots).

Keywords: Nutrient solution application methods, Uptake, Translocation, Nitrogen, Curcuma sp.

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
Department of Plant Science and National Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] Life and Food Sciences Course, Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

[3] Department of Environmental Science, Faculty of Bioresource Sciences, Akita University, Akita 010-0195, Japan

[4] ศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230
H. M. The King's Initiative Centre for Flower and Fruit Propagation, Hang Dong District, Chiang Mai 50230, Thailand

* Corresponding author: sorayaruamrung@gmail.com

บทนำ

ปทุมมา (*Curcuma* sp.) เป็นไม้หัวล้มลุกอายุหลายปี อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae สกุล *Curcuma* มีถิ่นกำเนิดแถบอินโดจีน เช่น พม่า ไทย ลาว เขมร เป็นต้น (อรวรรณ, 2548) ประเทศไทยมีการกระจายพันธุ์ประมาณ 50 ชนิด ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Sirirugsa, 1998) พืชในกลุ่มนี้มีศักยภาพและมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง มีการส่งออกทั้งหัวพันธุ์ และไม้ตัดดอกไปยังตลาดต่างประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2547 พบว่า มีการส่งออกหัวพันธุ์ไปจำหน่ายยังตลาดยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นมูลค่าประมาณ 20 กว่าล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) โดยเฉพาะปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีก้านดอกยาว ช่อดอกสวยงาม และอายุการปักแจกันนาน จึงใช้เป็นพืชพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ในระหว่างการคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมสำหรับตัดดอกต่อไป (โสระยา, 2556)

โดยทั่วไปเกษตรกรมีการให้ปุ๋ยปทุมมาทั้งทางรากและทางใบ ส่วนใหญ่นิยมให้ทางรากมากกว่าทางใบ แต่เนื่องจากการให้ปุ๋ยทางรากนั้นทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน ในปริมาณมาก การให้ปุ๋ยทางใบจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง (ยงยุทธ, 2547) ดังเช่นการให้ปุ๋ยยูเรียทางใบแก่แอปเปิ้ล ช่วยลดการสูญเสียไนเตรต (NO_3^--N) โดยการถูกชะล้างจากดินได้ โดยยังคงรักษาปริมาณของไนโตรเจนในต้น คุณภาพและปริมาณของผลผลิตไว้ด้วยการพ่นยูเรียทางใบหลายๆ ครั้ง (Dong et al., 2005) นอกจากนี้การให้ปุ๋ยทางใบ ยังเพิ่มการเจริญเติบโตทางลำต้นและชักนำให้เกิดดอกแรกเร็วขึ้นในเยอบีร่า และไฮเดรนเยีย (Bi and Scagel, 2007; Saira et al. 2011) แต่อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยยูเรียทางใบกลับทำให้ปริมาณของโปรตีน และผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวสาลี น้อยกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน (Jamal and Chaudhary, 2007; Alam et al., 2010) และวิธีการหว่านปุ๋ยไนโตรเจน (broadcasting) ให้แก่มันสำปะหลัง ทำให้เพิ่มน้ำหนักแห้ง น้ำหนักสดของราก การสะสมของไนโตรเจน และประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจน (nitrogen recovery) (Asare et al., 2009) เกษตรกรผู้ปลูกปทุมมาส่งออกบางรายได้เริ่มให้ปุ๋ยไนโตรเจนทางใบ เนื่องจากสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่ยังไม่มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นแนวทาง จากการศึกษาการให้ปุ๋ยในปทุมมา พบว่าไนโตรเจน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและคุณภาพของดอก รวมทั้งการเก็บสะสมอาหารในหัวพันธุ์ (Ruamrungsri and Apavatjrut, 2003; Ohtake et al., 2006) เช่นเดียวกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่แคร์รอต ผ่านทางรากและทางใบ พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจน สามารถเพิ่มปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (N-total) ในรากสะสมอาหารของแคร์รอต และการให้ปุ๋ยทางใบ ทำให้การดูดใช้และความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Smolèn and Sady, 2009)

อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานที่เกี่ยวข้องกับผลของวิธีการให้ธาตุอาหารผ่านทางใบในปทุมมา ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการดูดและเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนไปยังส่วนต่างๆ ของปทุมมาหลังจากได้รับสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากเปรียบเทียบกับการให้ผ่านทางผิวใบด้านบนและด้านล่าง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจเลือกวิธีการให้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อไป

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ในสภาพ green house ลงในกระถางพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. ใช้วัสดุปลูก คือ เพอร์ไลต์ เวอร์มิคิวไลต์ และทราย ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร รดน้ำกลั่นจนกระทั่งพืชทดลองมีใบที่สามคลี่เต็มที่ (13 สัปดาห์หลังปลูก) จึงให้สารละลายธาตุอาหารที่มีไนโตรเจน (ในรูปของ $Na^{15}NO_3$) ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส

สังกะสี ทองแดง โมลิบดีนัม และโบรอน ในความเข้มข้น 100, 50, 100, 25, 25, 5, 0.5, 0.025, 0.015, 0.015 และ 1.0 มก./ล. ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยมีการให้สารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 3 กรรมวิธี ได้แก่ ผ่านทางราก ทางผิวใบด้านบน และทางผิวใบด้านล่าง กรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น สำหรับกรรมวิธีให้สารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก ทำโดยการเทลงบนวัสดุปลูก ส่วนการให้ทางใบทั้งสองด้านนั้นทำโดยการใช้กระบอกฉีดน้ำพ่นไปยังส่วนของใบด้านใดด้านหนึ่ง (โดยใช้ถุงพลาสติกและดินน้ำมัน ห่อหุ้มส่วนอื่นที่ไม่ต้องการให้ได้รับสารละลายธาตุอาหาร) ปริมาตร 50 มล.เท่ากันทุกต้น หลังจากนั้นรอให้ปุ๋ยซึมเข้าไปในพืช ประมาณ 4 ชั่วโมง จึงเก็บตัวอย่างพืช โดยล้างพืชด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง แล้วแยกชิ้นส่วน (รากฝอย, ใบ, ตุ้มราก, หัวเก่า และหัวใหม่) บันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างพืชไปอบแห้ง ด้วยเครื่อง freeze-dryer นาน 3 วัน หรือจนกว่าจะแห้งสนิท จากนั้น บดให้เป็นผงละเอียด นำไปวิเคราะห์ ^{15}N โดยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหาร (Flash EA1112, Thermo Electron, Milan, Italy) ร่วมกับเครื่อง isotope-ratio mass spectrometer (Delta Plus XP; Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany) วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistic 8 (SXW Tallahassee, FL, USA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยใช้ค่า least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการทดลอง พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารทางผิวใบด้านบน ทำให้การดูดไนโตรเจนมีอัตราสูงสุด เท่ากับ 0.923 ไมโครกรัม/ต้น/ชั่วโมง (**Figure 1**) สอดคล้องกับ Parvez et al. (2009) ที่รายงานว่า การให้ปุ๋ยยูเรียทางใบแก่ข้าวสาลี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ในขณะที่การให้ปุ๋ยผ่านทางผิวใบด้านล่างทำให้อัตราการดูดไนโตรเจนต่ำสุด เท่ากับ 0.622 ไมโครกรัม/ต้น/ชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) ที่อยู่ในบริเวณผิวใบด้านบน บางกว่าในบริเวณผิวใบด้านล่าง หรือมีขนาดของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermal cell) ที่ใหญ่กว่า ประกอบกับมีชั้นของเส้นใยที่หนาในส่วนของผิวใบด้านล่าง (Anuwong et al., 2014) จึงทำให้ไนโตรเจนแทรกซึมผ่านทางผิวใบด้านบนได้มากกว่าผิวใบด้านล่าง ในขณะที่ Bondada et al. (2001) พบว่า ผิวใบด้านล่างของพืชวงศ์ส้มดูดไนโตรเจนไอโซโทป (^{15}N) ได้ดีกว่าผิวใบด้านบน เนื่องจากมีผิวเคลือบคิวทินที่บางกว่า และยังพบว่าการดูดของ ^{15}N จะลดลง เมื่อความหนาของผิวเคลือบคิวทินเพิ่มขึ้นตามอายุของใบ

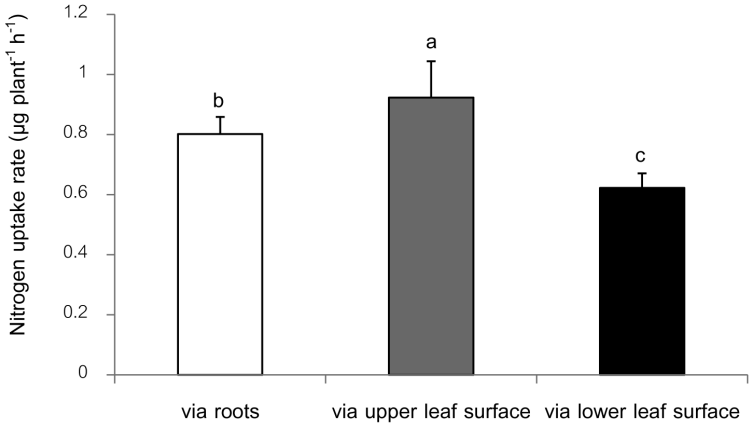


Figure 1 Nitrogen uptake rate after four hours of nutrient solution supply via different plant parts of *C. alismatifolia* plants. Vertical bars represent means ± SD.

จากการให้ไนโตรเจนผ่านทางรากและใบทั้งสองด้าน พบว่า น้ำหนักแห้งของต้น (ทุกส่วน) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดในใบ 41-43% (**Figure 2**) รองลงมาเป็นตุ้มรากเก่า 22-23% รากฝอยและหัวเก่า 14-16% และหัวใหม่ 5-6% โดย Marschner (1986) กล่าวว่ามากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของพืชประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ เซลลูโลส แป้ง ไขมัน และโปรตีน เป็นต้น ดังนั้นน้ำหนักแห้งส่วนใหญ่ของพืชมาจากผนังเซลล์ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ที่เหลือคือพวกโปรตีนและอินทรียสารอื่นๆ (ยงยุทธ, 2543) จากการศึกษานี้แม้ว่าธาตุอาหารที่พืชได้รับจากวิธีการต่างๆ ในปริมาณที่เท่ากันแต่เป็นระยะเวลาสั้น จึงทำให้ยังเห็นผลการทดลองไม่ชัดเจนในด้านการสะสมน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับการทดลองให้ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันผ่านทั้งทางดินและทางใบของข้าวฟ่างและแคร์รอต ซึ่งพบว่าน้ำหนักแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Iptas and Brohi, 2002; Smolèn and Sady, 2009) สำหรับการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดในใบ อาจเนื่องจากใบเป็นส่วนที่มีการสังเคราะห์แสงมากกว่าส่วนอื่นๆ ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง ประกอบกับเป็นส่วน strong sink ในระยะของการพัฒนาและเจริญเติบโตของใบ จึงมีความต้องการใช้สารอาหารมากกว่าส่วนอื่นๆ (ยงยุทธ, 2543) จึงมีการสะสมน้ำหนักแห้งในอวัยวะส่วนนี้สูงสุด

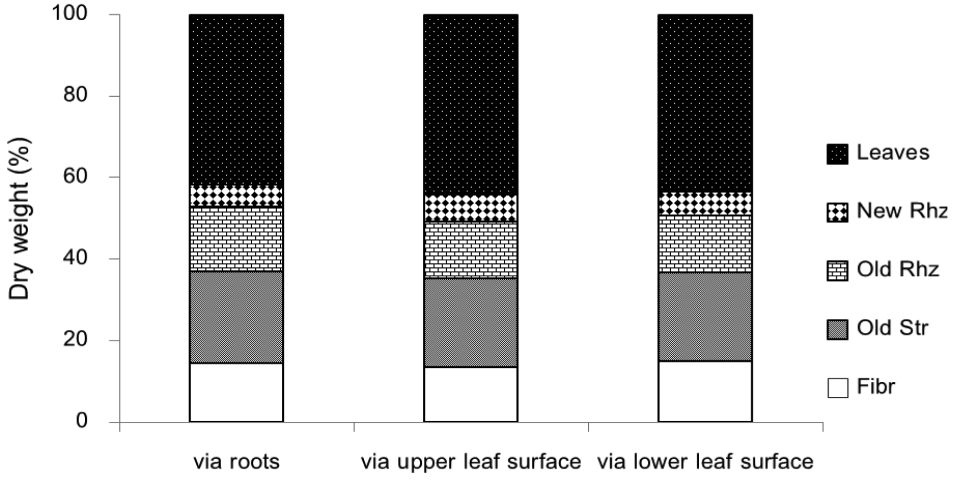


Figure 2 Percentage of dry weight in each organ after four hours of nutrient solution supply via different plant parts of *C.alismatifolia*. (Rhz, rhizome; Str, storage roots; Fibr, fibrous roots)

จากการวิเคราะห์ปริมาณ ^{15}N พบว่า การให้ปุ๋ยด้วยวิธีการต่างกันทำให้ปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในการให้ปุ๋ยทางผิวใบด้านบนพืชมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดคือ 3.692 ไมโครกรัม/ต้น ซึ่งมากกว่าการให้ปุ๋ยทางรากและการให้ปุ๋ยทางผิวใบด้านล่าง คือ 3.207 และ 2.489 ไมโครกรัม/ต้น ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่า มีการสะสมไนโตรเจนส่วนใหญ่ไว้ในใบ (**Table 1**) แสดงให้เห็นว่า ในระยะที่ใบคลี่เต็มที่พืชต้องการใช้ธาตุไนโตรเจนในปริมาณมาก โดยในการให้ปุ๋ยผ่านทางผิวใบด้านบน พบว่า มีการสะสม ^{15}N ในใบและรากฝอยมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าเฉลี่ย 1.902 และ 0.843 ไมโครกรัม/ต้น ตามลำดับ รองลงมา คือ ตุ้มราก หัวเก่า และหัวใหม่ โดยมีค่าเท่ากับ 0.426, 0.316 และ 0.426 ไมโครกรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนการให้ปุ๋ยผ่านทางราก ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในหัวเก่า

และหัวใหม่มากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ คือ 0.412 และ 0.366 ไมโครกรัม/ต้น ตามลำดับ ในการให้ปุ๋ยผ่านทางผิวใบด้านล่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในตุ้มรากเก่ามากกว่าการให้ปุ๋ยผ่านทางผิวใบด้านบน แต่ไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยทางราก โดยปกติ ราก ถือว่าเป็นแหล่งจ่ายธาตุอาหาร ไปยังส่วนเหนือดินซึ่งเป็นแหล่งรองรับธาตุอาหาร แต่อาจเป็นไปได้ว่าธาตุอาหารซึ่งเคลื่อนย้ายทางโฟลเอ็มง่ายมักออกจากใบแล้วไปยังรากอีกครั้ง เรียกว่าเกิด retranslocation แม้ว่าในขณะนั้นรากจะได้รับธาตุดังกล่าวจากสารละลายธาตุอาหารอยู่ก็ตาม สำหรับปริมาณไนโตรเจนที่เคลื่อนย้ายจากส่วนเหนือดินกลับไปยังรากอาจส่งในรูปรีดิวซ์ (เช่น กรดอะมิโน) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ที่รากได้ (ยงยุทธ, 2543) จากการศึกษาการดูดและการเคลื่อนย้ายของธาตุไนโตรเจนในนาซิสซัสที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ พบว่า มีการดูดซึมธาตุอาหารไปไว้ในส่วนของรากในช่วงที่เกิดราก และเคลื่อนย้ายไปยังส่วนอื่นๆ หลังจากแทงยอด โดยที่ยอดเป็นส่วนที่ต้องการธาตุอาหารมาก (sink organ) จนกระทั่งดอกเสื่อมสถาพ จึงมีการเคลื่อนย้ายและสะสมไนโตรเจนในส่วนของกลีบใหม่ (new scales) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Ruamrungsri et al., 1997)

Table 1 ^{15}N content in each organ of *Curcuma alismatifolia* plants after four hours of nutrient solution supply via different plant parts. (Rhz, rhizome; Str, storage roots; Fibr, fibrous roots)

Application method	^{15}N content (µg/plant)					
	Old rhiz	New rhz	Old str	Leaves	Fibr	Total
via roots	0.412a[1/]	0.366a	0.641a	1.498b	0.290b	3.207b
via upper leaf surface	0.316b	0.205b	0.426b	1.902a	0.843a	3.692a
via lower leaf surface	0.080c	0.064c	0.663a	1.412c	0.271b	2.489c
CV (%)	2.56	5.71	7.07	1.22	18.36	2.62
$LSD_{0.05}$	0.014	0.024	0.081	0.039	0.172	0.164

[1/] Means in the same column with different letters are significantly different by LSD test ($P<0.05$)

การให้ปุ๋ยผ่านทางระบบรากทำให้ไนโตรเจนส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายไปที่ใบ ประมาณ 47% รองลงมาคือ ตุ้มรากเก่า 20% หัวเก่า 13% หัวใหม่ 11% และรากฝอย 9% ตามลำดับ (**Figure 3**) เช่นเดียวกับในการให้ปุ๋ยผ่านทางผิวใบด้านบนและผิวใบด้านล่าง ที่พบว่า มีการเคลื่อนย้ายปุ๋ยไนโตรเจนไปที่ใบมากที่สุด คือ 52 และ 57% ตามลำดับ Dong et al. (2002) พบว่า ^{15}N ที่ให้ในรูปของปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 35% ถูกดูดซึมไว้ในใบ ปริมาณของไนโตรเจนไอโซโทปในใบเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับสารละลายธาตุอาหารทางใบ 2 วัน เนื่องจากไนโตรเจนจะเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโนในใบ และเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ที่ต้องการใช้กรดอะมิโน เช่น รากและเปลือกของต้นแอปเปิ้ล หลังจากที่ได้รับปุ๋ยทางใบ 20 วัน แต่จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารผ่านผิวใบด้านบนกลับมี ^{15}N อยู่ในรากฝอยถึง 23% ในขณะที่การให้ปุ๋ยผ่านผิวใบด้านล่างนั้นทำให้มี ^{15}N แค่ 11% แต่จะอยู่ในส่วนของตุ้มรากเก่าถึง 27% สอดคล้องกับรายงานของ Ruamrungsri et al. (2006) ที่ระบุว่า ปทุมมาในระยะ 2 ใบคลี่ (6 สัปดาห์หลังปลูก) มีการกระจายของไนโตรเจนในใบ 28% หัวและตุ้มราก 26 และ 35% ตามลำดับ

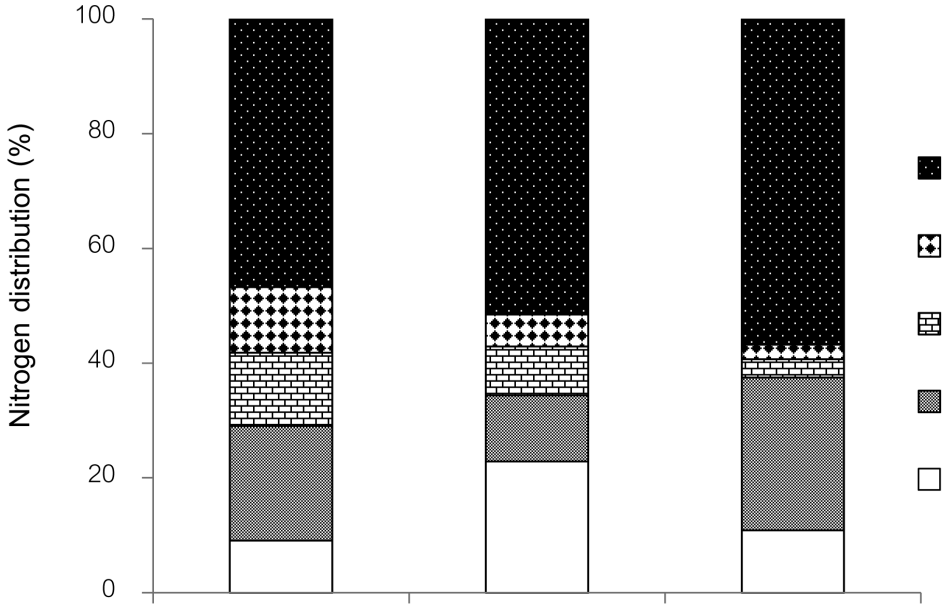


Figure 3 Nitrogen distribution in various organs of *C.alismatifolia* plants supplied with nutrient solution via different plant parts. (Rhz, rhizome; Str, storage roots; Fibr, fibrous root)

สำหรับในหัวเก่าและหัวใหม่นั้น พบว่า การให้ผ่านทางผิวใบด้านบนทำให้มีการกระจายของ ^{15}N สูงกว่าการให้ผ่านผิวใบด้านล่าง 2-3 เท่า แสดงให้เห็นว่า วิธีการให้สารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันทำให้พืชมีการดูดไนโตรเจนและนำไปใช้ในส่วนต่างๆ ของพืชที่แตกต่างกัน โดยการให้ปุ๋ยผ่านทางรากทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนในอวัยวะสะสมอาหารใต้ดินมากกว่าการให้ผ่านทางผิวใบทั้งสองด้าน ในขณะที่การให้ผ่านทางใบก็ทำให้มีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนไปยังอวัยวะสะสมอาหารใต้ดินเช่นกัน โดยเฉพาะในตุ้มรากเก่า สอดคล้องกับ Smolèn and Sady (2009) พบว่า การให้ปุ๋ยทางใบแก่แคร์รอตทำให้ปริมาณของไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้น และการดูดไนโตรเจนของรากเก็บสะสมอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามยังมีการใช้ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในใบ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งที่ต้องการใช้ธาตุไนโตรเจนในปริมาณมากในระยะที่มีการเจริญเติบโตของใบ (ระยะ 3 ใบคลี่) เช่นเดียวกับรายงานของ Khuankaew et al. (2010) ที่พบว่า ^{15}N อยู่ในใบมากที่สุด (44%) ในช่วงที่แทงยอดจนถึงระยะ 3 ใบคลี่ (10 สัปดาห์หลังปลูก)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การให้ปุ๋ยไนโตรเจนผ่านทางผิวใบด้านบน ทำให้การดูดธาตุไนโตรเจนสูงกว่าการให้ผ่านผิวใบด้านล่างและการให้ทางราก โดยอัตราการดูดมีค่าเฉลี่ย 0.923 ไมโครกรัม/ต้น/ชั่วโมง ในการให้ปุ๋ยทุกกรรมวิธี พืชเคลื่อนย้ายไนโตรเจนไปไว้ในใบมากที่สุด ประมาณ 41-57% นอกจากนี้ พืชยังเคลื่อนย้ายไนโตรเจนไปยังอวัยวะสะสมอาหารใต้ดินอีกด้วย ดังนั้นการให้ไนโตรเจนเสริมทางใบในระยะใบที่สามคลี่เต็มที่ ช่วยให้ปทุมมามีการสร้างอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของใบได้เพิ่มขึ้น และยังสามารถเก็บสะสมในหัวและตุ้มราก ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตหัวพันธุ์เมื่อเก็บเกี่ยว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สำหรับการสนับสนุนพันธุ์พืชในการทดลอง ขอบคุณ the Global Circus Program of Niigata University supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan (MEXT) สำหรับทุนในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์และเพื่อนในห้องปฏิบัติการของ Life and Food Sciences Course, Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan และ Department of Environmental Science, Faculty of Bioresource Sciences, Akita University, Akita, Japan สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางไอโซโทปและความช่วยเหลือในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. ปทุมมา. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 135 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2547. การให้ปุ๋ยทางใบ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 164 หน้า.

โสระยา ร่วมรังษี. 2556. การพัฒนาไม้ดอกของไทยสู่การแข่งขันในตลาดอาเซียน. แก่นเกษตร. 41: 209-212.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์. 2548. ปทุมมา. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 135 หน้า.

Alam, S. S., A. Z. M. Moslehuddin, M. R. Islam, and A. M. Kamal. 2010. Soil and foliar application of nitrogen for Boro rice (BRRIdhan 29). J. Bangladesh Agril. Univ. 8: 199-202.

Anuwong, C., T. Ohyama, K. Sueyoshi, N. Ohtake, and S. Ruamrungsri. 2014. Anatomical investigation of root and leaf of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv Chiang Mai Pink affecting N uptake. p. 157-162. In: Proceedings of the 2nd International Graduate Research Conference. 12 December 2014. Graduate School, Chiang Mai University, Thailand.

Asare, D. K., E. O. Ayeh, and G. Amenorpe. 2009. Response of Rainfed Cassava to methods of application of fertilizer-nitrogen in a Coastal Savannah environment of Ghana. World J. Agric. Sci. 5: 323-327.

Bi, G. and C. Scagel. 2007. Nitrogen foliar feeding has advantages. Nurs. Manage. Prod. 23: 43-46.

Bondada, B.R., J.P. Syvertsen, and L.G. Albrigo. 2001. Urea nitrogen uptake by *Citrus* leaves. HortScience 36: 1061-1065.

Dong, S., L. Cheng, C.F. Scagel, and L.H. Fuchigami. 2002. Nitrogen absorption, translocation and distribution from urea applied in autumn to leaves of young potted apple (*Malus domestica*) trees. Tree Physiol. 22: 1305-1310.

Dong, S., D. Neilsen, G. H. Neilsen, and L. H. Fuchigami. 2005. Foliar N application reduces soil NO_3^--N leaching loss in apple orchards. Plant Soil. 286: 357-366.

Iptas, S., and A. R. Brohi. 2002. Effect of nitrogen rates and method of nitrogen application on dry matter yield and some characters of sorghum-Sudan grass hybrid. Acta. Agr. Scand. B-S P. 52: 96-100.

Jamal, Z., and M. F. Chaudhary. 2007. Effects of soil and foliar application of different concentrations of NPK and foliar application of $(NH_4)_2SO_4$ on growth and yield attributes in wheat (*Triticum aestivum*. L). Pak. J. Pl. Sci. 13: 119-128.

Khuankaew, T., S. Ruamrungsri, S. Ito, T. Sato, N. Ohtake, K. Sueyoshi, and T. Ohyama. 2010. Assimilation and translocation of nitrogen and carbon in *Curcuma alimatifolia* Gagnep. Plant Biol. 12: 414-423.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition in Higher Plants. Academic Press Inc. LTD, London. 674 pp.

Ohtake, N., S. Ruamrungsri, S. Ito, K. Sueyoshi, T. Ohyama, and P. Apavatjrut. 2006. Effect of nitrogen supply on nitrogen and carbohydrate constituent accumulation in rhizomes and storage roots of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. Soil Sci. Plant Nutr. 52: 711-716.

Parvez, K., Y.M. Muhammad, I. Muhammad, and A. Muhammad. 2009. Response of wheat to foliar and soil application of urea at different growth stages. Pak. J. Bot. 41: 1197-1204.

Ruamrungsri, S., S. Ruamrungsri, T. Ikarashi, and T. Ohyama. 1997. Uptake, translocation and fractionation of nitrogen in *Narcissus* organ by using ^{15}N. Acta Hort. 430: 73-78.

Ruamrungsri, S., and P. Apavajrut. 2003. Effect of nutrient deficiency on growth and development of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. p. 98-104. In: Proceedings of the 3rd Symposium on Family Zingiberaceae. 7-12 July 2003. Khon Kaen, Thailand.

Ruamrungsri, S., N. Ohtake, K. Sueyoshi, and T. Ohyama. 2006. Determination of the uptake and utilization of nitrogen in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. using ^{15}N isotope. Soil Sci. Plant Nutr. 52: 221-225.

Saira, S.K., Y. Adnan, R. Adnan, Y. Shahina, and R. Atif. 2011. Effect of foliar application of macro and micro nutrients on growth and flowering of *Gerbera jamesonii* L. Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci. 11: 736-757.

Sirirugsa, P. 1998. Thai Zingiberaceae: species diversity and their uses. Pure Appl. Chem. 70: 1-8.

Smolèn, S., and W. Sady. 2009. The effect of various nitrogen fertilization and foliar nutrition regimes on the concentrations of nitrates, ammonium ions, dry matter and N-total in carrot (*Daucus carota* L.) roots. Sci entia Hortic. 119: 219-231.