# ผลของอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของหอมประดับ

# Effects of Fertilizer Rates on Growth and Development, and Water Use Efficiency of Ornamental Allium

**พิสิษฐ์ ชนะสงคราม[1] ชัยอาทิตย์ อิ่นคำ[2] กนกวรรณ ปัญจะมา[1] และ โสระยา ร่วมรังษี[1*]**

Pisit Chanasongkram[1], Chaiartiid Inkham[2], Kanokwan Panjama[1] and Soraya Ruamrungsri[1*]

*[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200*

*[1]Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand*

*[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200*

*[2]Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand*

**Corresponding author: Email: sorayaruamrung@gmail.com*

*(Received: 9 September 2021; Accepted: 9 May 2022)*

**Abstract:** Ornamental allium is a beautiful large-inflorescence flower bulb. It is popular to be utilized as cut flower and landscape plant. However, reports on fertilizer application and water use of this plant were rather limited. Therefore, this research aimed to study the fertilizer rates affecting water use efficiency and growth of the plant. The experimental design applied was a completely randomized design with 3 treatments, i.e., treatment 1) no fertilizer while treatment 2) and 3) were fertilizer applications of 15-15-15 (Total N-$P_2O_5$-$K_2O$) at the rates of 2.5 and 5 grams per plant per month, respectively. Data was collected in 2 phases, i.e., phase 1) from planting to flower senescence and phase 2) from flower senescence to bulb harvest. Plant growth (plant height, leaf number and flower quality) and water use efficiency (crop evapotranspiration and crop coefficient) were recorded. The result showed that plant growth in terms of plant height and leaf number by the plant receiving different fertilizer rates were not significantly different. However, inflorescence circumference and umbel diameter were the highest, being 41.11 cm and 14.01 cm respectively, when the plants were supplied with 2.5 g of fertilizer (T2) in phase 1, with no significant difference from T3 (5 g/plant/month). Water use efficiency was not significantly different among treatments in phase 1. In the meantime, crop coefficient and transpiration rate per leaf area of the plants receiving 2.5 g of fertilizer (T2) were at the highest with the figures of 2.49- and 0.53-ml/cm/day, respectively. In phase 2, crop evapotranspiration and crop coefficient showed no significant difference among treatments. The highest transpiration rate per leaves area unit (1.83 ml/cm/day) was found in the plants given with 5 g of fertilizer (T3) per plant per month.

**Keywords:** Ornamental allium, water use, fertilizer rate, plant height, flower quality



Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

**บทคัดย่อ**: หอมประดับเป็นไม้ดอกประเภทหัวที่มีความสวยงาม มีช่อดอกขนาดใหญ่นิยมใช้เป็นไม้ตัดดอก และปลูกประดับแปลง อย่างไรก็ตามรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการใช้น้ำ และการให้ปุ๋ยของพืชชนิดนี้มีจำกัดมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราปุ๋ยต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำและการเจริญเติบโต โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1) ไม่ให้ปุ๋ย, กรรมวิธีที่ 2 และ 3) ให้ปุ๋ยเม็ดเกรด 15-15-15 (Total N-$P_2O_5$-$K_2O$) อัตรา 2.5 และ 5 กรัมต่อต้นต่อเดือน ตามลำดับ เก็บข้อมูล 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ตั้งแต่ปลูกถึงดอกเหี่ยว และระยะที่ 2 ดอกเหี่ยวถึงระยะเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ โดยทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช (ความสูงต้น จำนวนใบ และคุณภาพดอก) และข้อมูลประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (ปริมาณการใช้น้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช) ผลการทดลองพบว่า การให้ปุ๋ยอัตราต่างกันทำให้ความสูงต้น และจำนวนใบของหอมประดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เส้นรอบวงช่อดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอกในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 2.5 กรัมต่อต้นต่อเดือน (T2) มีค่ามากที่สุดคือ 41.11 และ 14.01 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย 5 กรัมต่อต้นต่อเดือน นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ในระยะที่ 1 ไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีทดลอง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช และอัตราการคายน้ำ ในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 2.5 กรัมต่อต้นต่อเดือน (T2) มีค่ามากที่สุดที่ 2.49 และ 0.53 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ ในระยะที่ 2 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ และปริมาณประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณอัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบ ในกรรมวิธีที่ 3 มีค่ามากที่สุด 1.83 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน

**คำสำคัญ**: หอมประดับ การใช้น้ำ อัตราปุ๋ย ความสูงต้น คุณภาพดอก

## บทนำ

หอมประดับ หรือ ornamental onion จัดอยู่ในวงศ์ Liliaceae กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณซีกโลกเหนือ มีจำนวนชนิดมากถึง 500 ชนิด หลากหลายสายพันธุ์ มีกลิ่นที่แตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ หอมประดับนิยมใช้เป็นไม้ตัดดอกโดยชนิดที่ได้รับความนิยม ได้แก่ *Allium aflatunense, A. christophii*, *A. sphaerocephalon* และ *A. triquetrum* เป็นต้น หอมประดับเป็นพืชที่ปลูกง่าย ดอกสวยงาม ลำต้นยาว และค่อนข้างต้านทานโรคและแมลง (Armitage, 1993) ส่วนใหญ่มีลำต้นใต้ดินแบบบัลบ์ (bulbs) อย่างไรก็ตามมีเพียงไม่กี่ชนิดที่เป็นลำต้นใต้ดินแบบไรโซม เช่น *A. schoenoprasum* ใบมีลักษณะยาวแผ่นใบบาง มีสีเขียวตลอดฤดู ดอกเป็นช่อกลมใหญ่ เช่น แบบซี่ร่ม (umbel) หรือที่เรียกว่า pom - pom สีมีหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ได้แก่ สีขาว เหลือง และม่วง เป็นต้น (Iannotti, 2020) มีก้านช่อดอกยาวและแข็งแรงจึงเหมาะสมสำหรับเป็นไม้ตัดดอก หอมประดับสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงแสงแดดจัด ดินร่วนระบายน้ำได้ดี มีความเป็นกรดเล็กน้อยอยู่ในช่วง pH 5.5 - 6.5 สภาพแวดล้อมเหล่านี้มีความคล้ายคลึงกับประเทศไทย จึงน่าจะสามารถปลูกหอมประดับเพื่อเป็นธุรกิจไม้ตัดดอกช่วยเสริมรายได้ให้กับเกษตรกรได้

หอมประดับเป็นพืชที่ต้องมีการจัดการธาตุอาหาร และน้ำเช่นเดียวกับพืชอื่น การให้ปุ๋ยกับพืชมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต เนื่องจากมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต หากให้ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้พืชเจริญเติบโตอย่างเต็มประสิทธิภาพ สำหรับไม้หัว ธาตุอาหารมีความสำคัญเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการสะสมไว้ใช้ในยามจำเป็นในช่วงที่อยู่ในระยะพักตัว หรือในการงอก และการเจริญเติบโตในฤดูถัดไป (Ruamrungsri, 2015)

การจัดการน้ำเพื่อการปลูกพืชเป็นปัจจัยสำคัญ ประการหนึ่งซึ่งควรมีการให้น้ำอย่างเพียงพอต่อความต้องการของพืช และเหมาะสมกับระยะการเจริญเติบโต การจัดการน้ำของพืชแต่ละชนิดมีความสำคัญ และแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ชนิดและอายุพืช ลักษณะ

ภูมิประเทศและวิธีการให้น้ำเป็นต้น (Vuthijumnong, 1986) เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ในการดูดแร่ธาตุที่เป็นอาหารเข้าสู่พืช นอกจากนี้น้ำยังใช้เพื่อการสังเคราะห์แสง และการหายใจแม้ว่าพืชจะได้รับปัจจัยอื่น ๆ อย่างเพียงพอ แต่ถ้าปริมาณน้ำไม่เพียงพอหรือเหมาะสมกับความต้องการของพืช พืชก็จะเจริญเติบโตได้อย่างจำกัด และมีผลกระทบต่อพืช (Foypikul, 2003) การใช้น้ำของพืช หรือ consumptive use ประกอบไปด้วยปริมาณน้ำที่พืชคายออกมาทางใบ (transpiration) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำทางรูเปิดปากใบ รวมกับปริมาณที่น้ำระเหยจากผิวดินรอบ ๆ ต้นพืช (evaporation) มีความสัมพันธ์กับการคายระเหยน้ำ (evapotranspiration) ซึ่งหมายถึง การระเหยของน้ำจากผิวน้ำ และผิวดิน มีหน่วยเป็นความลึกของน้ำที่ระเหยต่อหน่วยเวลา หรือปริมาตรของน้ำต่อหน่วยเวลาหรือหน่วยพื้นที่ เช่น มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือการคายระเหยน้ำของพืช (crop evapotranspiration; ET) จึงหมายถึงปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง ๆ รวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากแปลงปลูก โดยขบวนการคายน้ำของพืชและการระเหย (Tungsomboun, 2006)

จากการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำในต้นแพร์ โดยเปรียบเทียบร่วมกับการให้ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ กัน ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยกากถั่วเหลือง ปุ๋ยมูลแกะ ปุ๋ยหมัก และไม่ให้ปุ๋ย พบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในต้นแพร์เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อมีการให้ปุ๋ยกากถั่วเหลือง โดยมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำเฉลี่ย 1.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ปุ๋ยมูลแกะ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมี มีค่าอยู่ที่ 0.96, 0.61 และ 0.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเมื่อเทียบกับไม่ให้ปุ๋ย (Ye *et al*., 2020) Yu *et al*., (2016) ได้ทำการศึกษาผลของการให้ปุ๋ยต่อลักษณะการใช้น้ำของมันฝรั่งที่ปลูกยกร่องแบบสันเขา และการคลุมแปลงด้วยพลาสติกในเขตพื้นที่รับน้ำฝน (rain-fed area) โดยให้ปุ๋ยต่างกัน ได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีแบบดั้งเดิม (F) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกับตัดแต่งในระยะออกดอก (DF) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทน (OF) พบว่า การให้ปุ๋ยแบบ OF และ DF ส่งผลให้มีค่าการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 20.7 และ 14.4 เปอร์เซ็นต์ ในปี พ.ศ. 2556 และ 16.3 และ 6.3 เปอร์เซ็นต์ ในปี พ.ศ. 2557 เมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยแบบ F อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ Sivakumar and Salaam (1999) ยังได้มีการศึกษาผลของอายุ และการให้ปุ๋ยต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำของลูกเดือย พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่ปริมาณ 45 และ 30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของลูกเดือยมีค่าสูงขึ้นในแต่ละปี เมื่อเทียบกับการไม่ให้ปุ๋ยในลูกเดือย

เนื่องจากหอมประดับเป็นพืชชนิดใหม่ที่น่าสนใจนำมาปลูกเลี้ยงในประเทศไทย ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราปุ๋ยในระดับต่างกันต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของหอมประดับ

## อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกหัวพันธุ์หอมประดับ (ขนาดเส้นรอบวงเฉลี่ย 20 เซนติเมตร และน้ำหนักหัวเฉลี่ย 103 กรัม) นำมาปลูกในกระถางขนาด 6 นิ้ว ใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกยี่ห้อคลาสแมน ประเทศเยอรมัน จากนั้นนำไปกระตุ้นให้เกิดการสร้างราก โดยการนำหัวพันธุ์ไปเก็บรักษาไว้ที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือนก่อนนำมาปลูกในโรงเรือน evaporative cooling อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสง 2,735 $\mu mol/m^2/s^2$ ให้น้ำแก่พืชทุกวันโดยการรดน้ำให้แก่พืชบริเวณวัสดุปลูกและรอจนน้ำหยุดไหลออกจากกระถาง ซึ่งเป็นระดับความชื้นสูงสุดที่วัสดุปลูกสามารถอุ้มไว้ได้ (maximum water holding capacity: MWHC) พร้อมกับทำการให้ปุ๋ยที่ระดับแตกต่างกัน 3 กรรมวิธีด้วยกัน ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ให้ปุ๋ย

กรรมวิธีที่ 2 ให้ปุ๋ยเม็ดเกรด 15-15-15 อัตรา 2.5 กรัมต่อกระถาง เดือนละ 1 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 3 ให้ปุ๋ยเม็ดเกรด 15-15-15 อัตรา 5 กรัมต่อกระถาง เดือนละ 1 ครั้ง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) จำนวน 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 20 ซ้ำ (ต้น) สุ่มพืชในระยะการเจริญเติบโตต่างกัน 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 ระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกถึงดอกเหี่ยว (108 วัน)และ ระยะที่ 2 ระยะดอกเหี่ยวถึงพักตัว (14 วัน) (Figure 1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำทั้งสองช่วงระยะการเจริญเติบโตดังนี้

1. **อัตราการคายระเหยน้ำ** โดยวิธีการชั่งน้ำหนักพืชและกระถาง (potted plant weighing method) ตามวิธีของ Pereira and Kozlowski (1976) จากสมการ

การคายระเหยน้ำแต่ละวัน = m1-m2

เมื่อ m1 = น้ำหนักของกระถางปลูกพืชหลังรดน้ำ, m2 = น้ำหนักของกระถางปลูกพืชในวันต่อมาก่อนรดน้ำ

2. **ปริมาณการใช้น้ำของพืช** (crop evapotranspiration, ETc) คำนวณจากสมการ

$$\text{ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc)(มิลลิลิตร)} = \frac{\text{การใช้น้ำของพืชในแต่ละวัน (มิลลิลิตร)}}{\text{พื้นที่ใต้ทรงพุ่ม x 1,000}}$$

กำหนดพื้นที่ใต้ทรงพุ่มของขนาดกระถาง 6 นิ้ว มีรัศมีเท่ากับ 0.0762 เมตร คำนวณพื้นที่ใต้ทรงพุ่มจาก สูตร $\pi r^2$ จะได้พื้นที่ใต้ทรงพุ่มเท่ากับ 0.0182 ตารางเมตร

3. **อัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบ** (transpiration rate per leaves area unit) จากสมการ

$$\text{อัตราการคายน้ำ (มิลลิลิตร/ตารางเซนติเมตร/วัน)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{จำนวนวันแต่ละช่วง x พื้นที่ใบเฉลี่ย}}$$

ปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด = ผลรวมของน้ำที่ใช้ในแต่ละวันตลอดระยะการเจริญเติบโต

จำนวนวันแต่ละช่วง = จำนวนวันในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต

พื้นที่ใบเฉลี่ย = (พื้นที่ใบเริ่มต้น + พื้นที่ใบเมื่อสิ้นสุดช่วงระยะการเจริญเติบโต) / 2

4. **ประสิทธิภาพการใช้น้ำ** (water use efficiency, WUE) อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งทั้งหมด (total dry matter) หรือผลผลิตทางเศรษฐกิจ (economic yield) ต่อปริมาณน้ำที่พืชใช้ (water use) (Tuner, 1986) จากสมการ

$$\text{WUE (มิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง/มิลลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดระยะการ}}$$

โดย น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น เป็นผลต่างระหว่างน้ำหนักแห้งสุดท้าย และน้ำหนักแห้งเริ่มต้นของพืชในช่วงที่ศึกษา (Medrano *et al*., 2015)

5. **สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช** (crop coefficient, Kc) จากสมการ

$$Kc = ETc / (Kp \times Epan)$$

เมื่อ Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำตามช่วงการเจริญเติบโตของพืช

ETc = ปริมาณน้ำที่พืชใช้ในแต่ละวัน (มิลลิลิตร)

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย สำหรับถาดวัดแบบ เอ ประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 0.85 (Boonyatharokul, 1983)

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย (ค่าจากสถานีตรวจอากาศ)

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตได้แก่ ความสูงต้นโดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดเมื่อรวบใบขึ้น (เซนติเมตร) จำนวนใบต่อต้น (ใบ) คุณภาพดอก ได้แก่ ความยาวก้านช่อดอก (เซนติเมตร) เส้นผ่าศูนย์กลางช่อดอก (เซนติเมตร) เส้นรอบวงช่อดอก (เซนติเมตร)

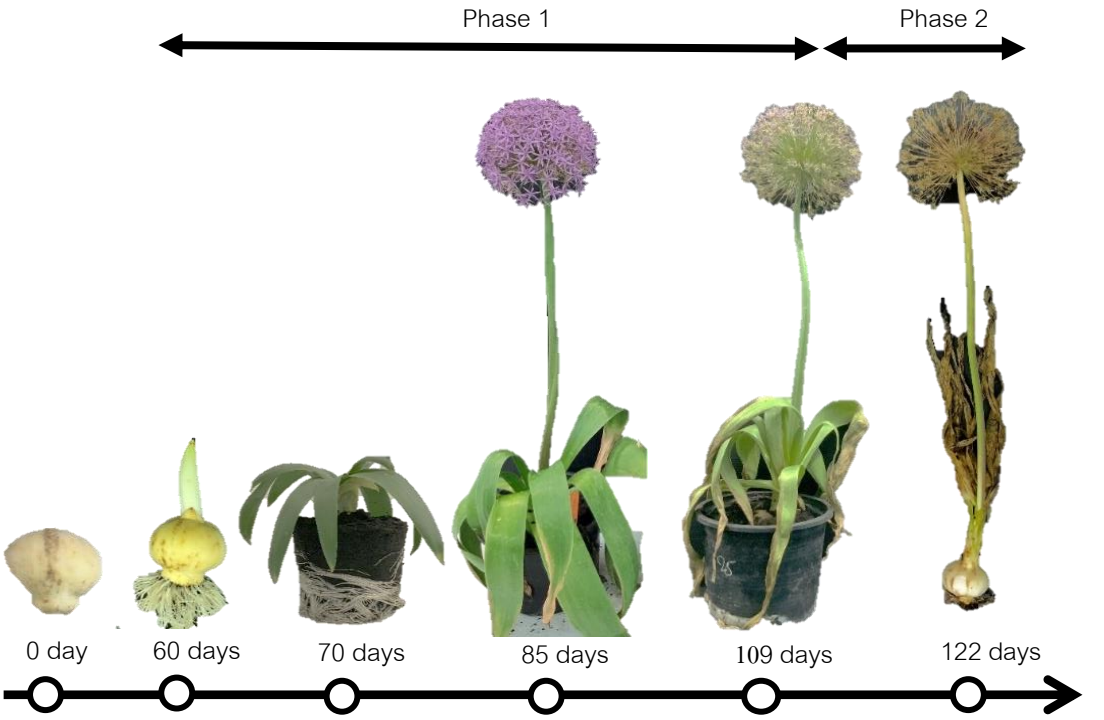


Figure 1. Growth cycle of ornamental onion from planting to bulb harvest

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistix Analytical Software (SXW Tallahassee, FL) เพื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธี โดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. การเจริญเติบโตของพืช

1.1 ความสูงและจำนวนใบ

เมื่อพืชได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสามกรรมวิธี เป็นระยะเวลานาน 2 เดือนหลังการชักนำการออกราก ผลการทดลองพบว่า ความสูงของหอมประดับ ทั้งสามกรรมวิธีไม่แตกต่างกันโดยมีค่าความสูงของต้นเมื่อเวลา 85 และ 109 วันหลังชักนำรากอยู่ระหว่าง 30.60 - 35.55 เซนติเมตร (Table 1) ด้านจำนวนใบของหอมประดับในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 9.10 - 10 ใบต่อต้น และในเดือนที่สองหลังย้ายปลูก (109 วัน)พบว่า จำนวนใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกันโดยมีจำนวนใบอยู่ที่ 9.10 - 9.90 ใบต่อต้นตามลำดับ (Table 1) เนื่องจากหอมประดับมีอาหารสะสมในหัวเพียงพอต่อความต้องการจึงส่งผลให้การเจริญเติบโตดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์ โดยหากพืชมีธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการพืชนั้นอาจไม่แสดงอาการผิดปกติให้เห็น (Foypikul, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของแกลดิโอลัสว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านปุ๋ย และปัจจัยด้านความเข้มข้นที่ต่างกันส่งผลให้ความสูง และจำนวนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Ruamrungsri *et al*., 2009)

1.2 คุณภาพดอก

หลังจากปลูกหอมประดับนาน 70 วัน พืชเริ่มมีการแทงช่อดอก และดอกย่อยเริ่มบานหลังปลูกนาน 81 วัน (Figure 2)

Table 1. Plant height and number of leaves per plant after supplied with different fertilizer rates at 85 and 109 days after planting

| Treatments | Plant height (cm) | | Leaves number (leaves) | |
|---|---|---|---|---|
| | 85 days after planting | 109 days after planting | 85 days after planting | 109 days after planting |
| 1) No fertilizer | 30.60 | 31.55 | 9.70 | 9.90 |
| 2) 2.5 grams fertilizer supply | 35.35 | 33.65 | 9.10 | 9.10 |
| 3) 5 grams fertilizer supply | 35.55 | 33.05 | 10.00 | 9.80 |
| CV (%) | 17.27 | 8.76 | 14.03 | 16.46 |
| $LSD_{0.05}$ | ns | ns | ns | ns |

ns = non significant

Figure 2. Flower quality of ornamental onion at the flower blooming phases, no fertilizer (T1), fertilizer application by 15-15-15 (N-P-K) at rate of 2.5 grams per plant per month (T2) and 5 grams per plant per month (T3)

จากการทดลองพบว่า คุณภาพดอกได้แก่ ความยาวช่อดอก ความยาวก้านดอก จำนวนวันออกดอก และเปอร์เซ็นต์การออกดอกในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่า ขนาดเส้นรอบวงช่อดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติหลังได้รับปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน โดยพบว่า การไม่ได้รับปุ๋ยเลยพืชมีขนาดเส้นรอบวงช่อดอกน้อยกว่า ค่าเฉลี่ย 39.60 เซนติเมตร การได้รับปุ๋ยอัตรา 2.5 และ 5 กรัมค่าเฉลี่ย 41.11 และ 42.08 เซนติเมตร (Table 2) สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอกพบว่า กรรมวิธีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 14.17 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 14.01 เซนติเมตร ซึ่งการให้ปุ๋ยทั้งสองอัตราทำให้พืชมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกมากกว่าการไม่ให้ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากหอมประดับมีการเจริญเติบโตส่วนของดอกจะเป็นแหล่งรับอาหาร หรือ strong sink ของต้น ดังนั้นการให้ปุ๋ยที่เหมาะสมจะช่วยส่งเสริมทำให้ดอกมีขนาดใหญ่ เนื่องจากการได้รับธาตุอาหารจำเป็นมากเพียงพอเพื่อใช้ในการพัฒนาของเซลล์ไม่ว่าจะเป็น การแบ่งเซลล์ หรือขยายขนาด (Osotsapar *et al.*, 2011) ส่งผลให้หอมประดับสามารถเกิดกิจกรรมดังกล่าวอย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ El-Naggar and El-Nasharty (2009) พบว่า อัตราปุ๋ยที่ 5 กรัมและ 2 กรัมต่อต้นช่วยเพิ่มความยาวก้านดอกและจำนวนดอกต่อต้นว่านสี่ทิศสายพันธุ์ Apple Blossom มีค่ามากกว่าการไม่ให้ปุ๋ย

**2. ผลของอัตราปุ๋ยต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ**

2.1 ปริมาณการใช้น้ำ (crop evapotranspiration, ETc)

หลังจากการปลูกหอมประดับนาน 2 เดือน โดยมีการให้ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชมีความแตกต่างกัน ผลของการทดลองพบว่า ในช่วงระยะตั้งแต่ปลูกถึงดอกเหี่ยว (phase 1) การให้ปุ๋ยอัตรา 2.5 กรัมต่อต้น ทำให้พืชมีปริมาณการใช้น้ำมากกว่ากรรมวิธีอื่นโดยมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 6.54 มิลลิลิตรต่อวัน รองลงมาคือ

Table 2. Inflorescence quality of ornamental onion affected by different fertilizer rates treatment at flowering phase (105 days after planting)

| Treatments | Inflorescence quality | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inflorescence length (cm) | Stalk length (cm) | Umbel circumference (cm) | Umbel diameter (cm) | Day to flowering (days) | Percentage of inflorescence (%) |
| 1) No fertilizer | 50.91 | 43.41 | 39.60 b | 12.99 b | 70.94 | 99.94 |
| 2) 2.5 grams fertilizer supply | 51.25 | 42.91 | 41.11 ab | 14.01 a | 70.52 | 100.00 |
| 3) 5 grams fertilizer supply | 52.23 | 44.18 | 42.08 a | 14.17 a | 69.58 | 100.00 |
| CV (%) | 4.26 | 5.17 | 4.26 | 4.75 | 5.74 | 0.14 |
| $LSD_{0.05}$ | ns | ns | * | * | ns | ns |

ns = non significant, * = means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

กรรมวิธีไม่ให้ปุ๋ย และกรรมวิธีให้ปุ๋ยอัตรา 5 กรัมต่อต้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 6.39 และ 6.06 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ (Figure 3) ในระยะดอกเหี่ยวถึงพักตัว (phase 2) กรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยอัตรา 5 กรัมต่อต้นมีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดเฉลี่ย 4.45 มิลลิลิตร รองลงมาคือ กรรมวิธีให้ปุ๋ยอัตรา 2.5 กรัมต่อต้น และไม่ให้ปุ๋ยมีค่าเฉลี่ย 4.16 และ 4.06 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ (Figure 3) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงระยะแรกพืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการนำอาหารสะสมจากฤดูก่อนมาใช้ในการเติบโต ส่งผลให้ในระยะแรกมีการใช้น้ำ เพื่อให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ในสร้างใบ สร้างดอก นอกจากนี้น้ำยังเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตอาหารแก่พืชอีกด้วย และในส่วนระยะที่สองพบว่า หลังจากดอกเหี่ยวถึงพักตัวในแต่ละกรรมวิธีจะมีการใช้น้ำที่ลดลง เนื่องจากพืชเริ่มมีการเสื่อมสภาพ ทำให้มีลดการใช้น้ำ นอกจากนี้ในช่วงปลายของการเจริญเติบโตในระยะที่ 2 นี้ อวัยวะเหนือดินเริ่มมีการแห้งตาย เนื่องจากพืชเข้าสู่ระยะพักตัว (Ruamrungsri, 2015) จึงทำให้พืชมีการคายน้ำลดลง ส่งผลให้พืชปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงเช่นกัน อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณการใช้น้ำที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการปุ๋ยเข้าไปช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลให้พืชมีการพัฒนาขยายขนาด ทำให้ใบพืชมีขนาดใหญ่ (Techapinyawat, 1992) ส่งผลให้มีการใช้น้ำในปริมาณที่มาก กล่าวคือการใช้น้ำมากขึ้นตามการเจริญ เติบโตของพืชทางต้นและจำนวนใบเพิ่มขึ้น (Poruksa *et al*., 2002) เมื่อเทียบกับระยะดอกเหี่ยวถึงพักตัว ที่พืชมีการเสื่อมสภาพของใบ ส่งผลให้มีปริมาณการใช้น้ำที่ลดลง Cooper *et al*. (1987) รายงานว่า ในข้าวบาร์เลย์มีการใช้น้ำที่ไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะให้ปุ๋ย หรือไม่ก็ตาม เมื่อผ่านไประยะหนึ่งพบว่า กรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยมีการใช้น้ำที่มากกว่ากรรมวิธีไม่ให้ปุ๋ยแต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

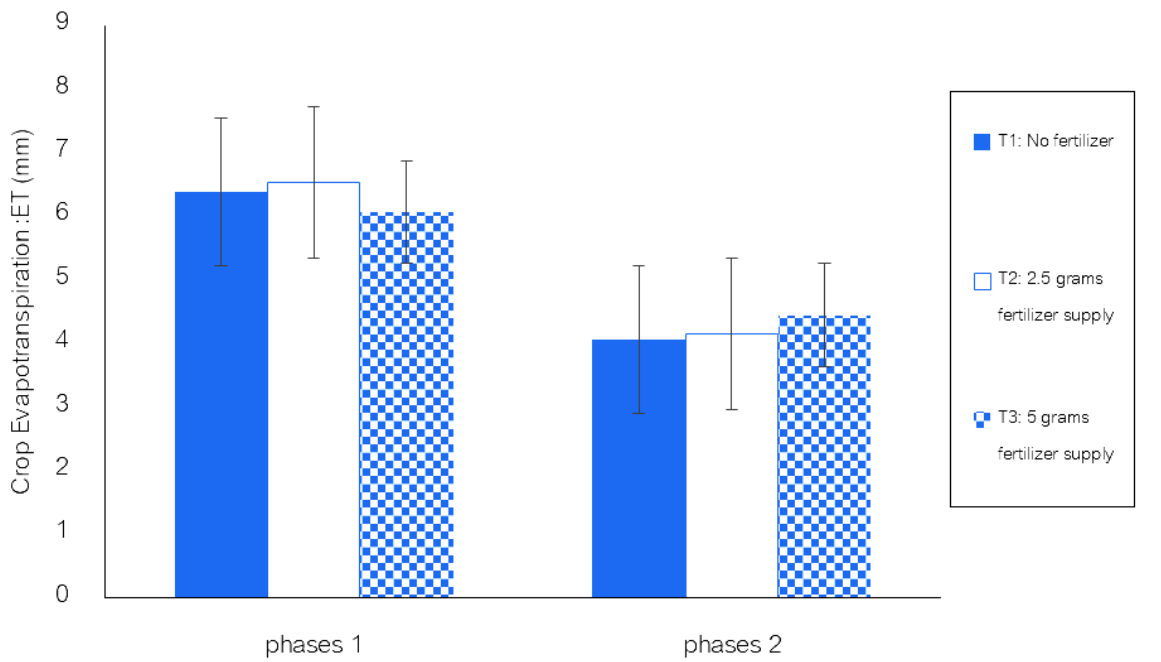


Figure 3. Crop evapotranspiration (ETc) of ornamental onion at 2 phases after supplied with different fertilizer rates

2.2 อัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบ (transpiration rate per leaves area unit)

อัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบ ในระยะตั้งแต่ปลูกถึงดอกเหี่ยว (phase 1) มีค่าน้อยกว่าในระยะที่สอง และยังพบว่า กรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยอัตรา 2.5 กรัมต่อต้น มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.53 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน รองลงมาคือกรรมวิธีไม่ให้ปุ๋ย และกรรมวิธีให้ปุ๋ยอัตรา 5 กรัมต่อต้นซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.46 และ 0.46 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมาในระยะดอกเหี่ยวถึงพักตัว (phase 2) พบว่า อัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบในกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยอัตรา 5 กรัมต่อต้น มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 1.83 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน และรองลงมากรรมวิธีให้ปุ๋ย 2.5 กรัมต่อ และไม่ให้ปุ๋ยมีค่าเฉลี่ย 1.22 และ 0.98 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ (Figure 4) เนื่องจากในระยะที่สองพืชเริ่มหยุดการเจริญเติบโต ใบมีการเสื่อมสภาพ เพื่อเตรียมเข้าสู่ระยะพักตัว ส่งผลให้คิวติเคิลที่เคลือบอยู่บริเวณผิวใบซึ่งเป็นโครงสร้างที่ช่วยป้องกันสูญเสียน้ำเสื่อมสภาพไปด้วย (Pantatan, 2000) ทำให้พืชมีการคายน้ำมากกว่าระยะแรก ทั้งนี้ใบของพืชในสกุล *Allium* ทั้งด้านบนและด้านล่างของใบมีลักษณะเหมือนกัน ประกอบด้วยปากใบ เซลล์คุม และขนใบ (Yousaf *et al*., 2008) ในส่วนอัตราปุ๋ยที่ระดับแตกต่างกันมีผลต่ออัตราการคายน้ำอาจเนื่องจากในปุ๋ยมีธาตุอาหารที่จำเป็นในกระบวนการทางสรีวิทยา และบทบาทในด้านการเจริญเติบโตของพืช (Ruamrungsri, 2015) ส่งเสริมพืชมีการพัฒนาใบที่สมบูรณ์ (Techapinyawat, 1992) ทำให้พืชมีการควบคุมการคายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีการคายน้ำที่น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fanga *et al.* (2018) รายงานในต้นบัควีท (buckwheat) ว่าปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้นช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แต่ทำให้มีอัตราการคายน้ำของต้นบัควีทลดลง

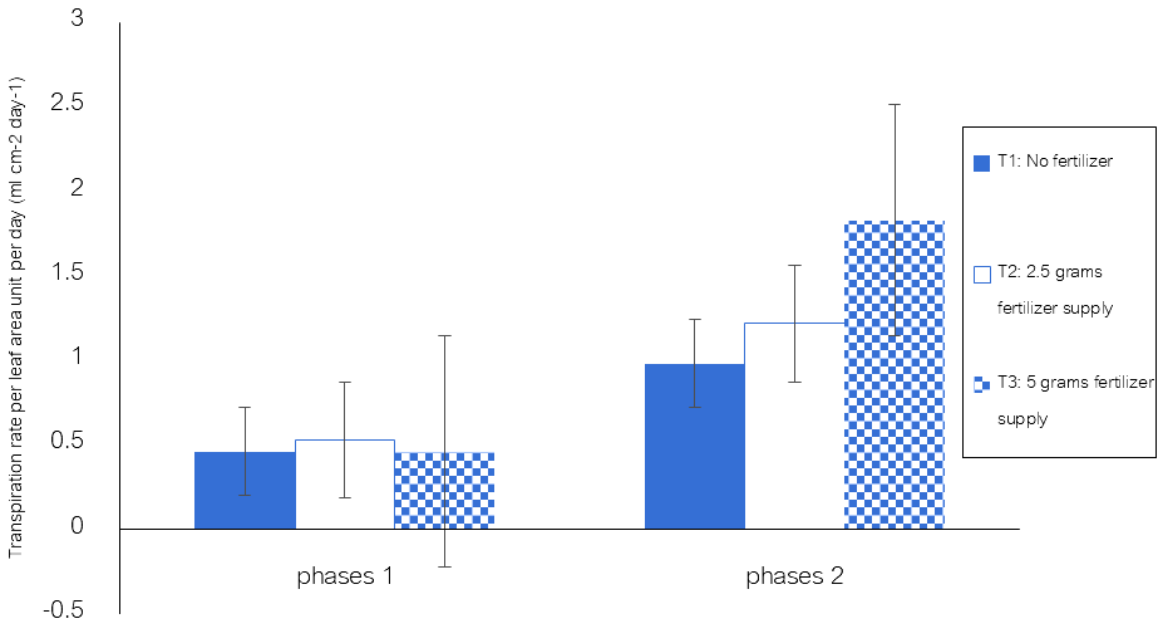


Figure 4. Transpiration rate per leaves area unit per day of ornamental onion at 2 phases after supplied with different fertilizer rates. means with the same letter within column are not significant different at $P<0.05$ by least significant difference

2.3 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE)

เมื่อปลูกหอมประดับนาน 2 เดือนร่วมกับการให้ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของหอมประดับทั้งในระยะปลูกถึงดอกเหี่ยว (phase 1) และระยะดอกเหี่ยวถึงพักตัว (phase 2) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยในระยะที่หนึ่ง กรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย 5 กรัมต่อต้นมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.00029 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือการให้ปุ๋ยอัตรา 2.5 กรัมต่อต้น และการให้ปุ๋ย พืชที่ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าเฉลี่ย 0.00026 และ 0.00025 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Figure 5) ส่วนในระยะที่สองกรรมวิธีไม่ให้ปุ๋ยมีค่าเฉลี่ย -0.0086 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย 2.5 และ 5 กรัมต่อต้นมีค่าเฉลี่ย -0.0096 และ -0.0101 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร (Figure 5) การที่ค่าเฉลี่ยในระยะที่สองมีค่าติดลบเนื่องจากน้ำหนักแห้งปลายช่วงมีค่าน้อยกว่าต้นช่วง เพราะหัวใหม่ที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กกว่าเดิม

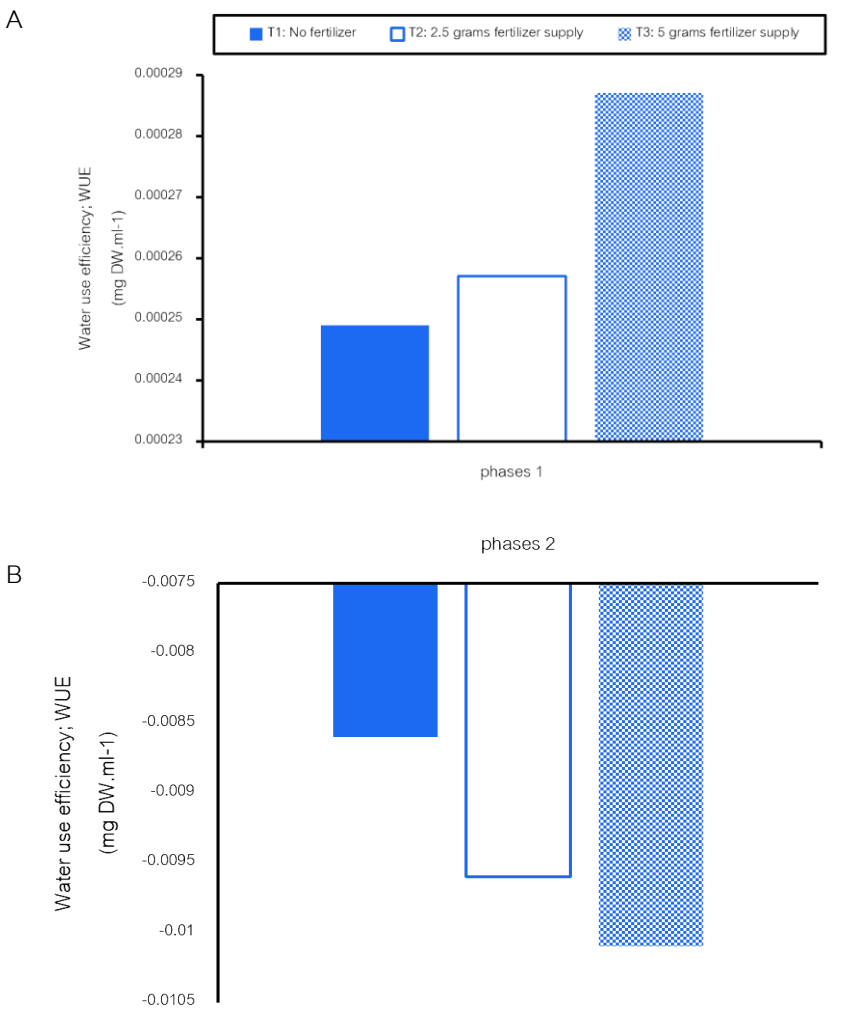


Figure 5. Water use efficiency (WUE) of ornamental onion at phase 2 after supplied with different fertilizer rates

2.4 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (crop coefficient, Kc)

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของหอมประดับหลังจากปลูกนาน 2 เดือน ซึ่งเป็นการดำเนินการในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) ในโรงเรือน evaporative cooling system มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.47 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ย 72.75 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มแสงอยู่เฉลี่ย 5,533.71 μmol/$m^2$/$s^2$ ในโรงเรือนมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ดังนั้น ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจึงนับว่าเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของการให้ปุ๋ยเป็นหลัก โดยมีการให้ปุ๋ยอัตราที่แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ในระยะปลูกถึงดอกเหี่ยว (phase 1) มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติโดยกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย 2.5 กรัมต่อต้น มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 2.49 รองลงมาคือกรรมวิธีไม่ให้ปุ๋ย และกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย 5 กรัมต่อต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.30 และ 1.98 แต่ในส่วนระยะดอกเหี่ยวถึงพักตัว (phase 2) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี (Figure 6) โดยในกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย 2.5 กรัมต่อต้นมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 2.22 รองลงมาคือกรรมวิธีที่ไม่ให้ปุ๋ย และกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ย 5 กรัมต่อต้น มีค่าเฉลี่ย 2.01 และ 1.78 ตามลำดับ เนื่องจากในระยะที่หนึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตมาก พืชมีการใช้น้ำมากเพื่อใช้ในขบวนการเมทาโบลิซึมภายในพืช โดยหากพืชได้รับปุ๋ยเพียงพอ จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตมากยิ่งขึ้น ส่วนในระยะที่สองค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำไม่แตกต่างกัน เนื่องจากหลังในระยะที่สองพืชมีการเจริญเติบโตลดลง และเริ่มเข้าสู่ระยะพักตัว ใบมีอาการเริ่มแห้งเหี่ยวส่งผลต่อการนำน้ำเข้าสู่พืช เพราะเมื่อใบเริ่มเสื่อมสภาพ ทำให้หอมประดับมีพื้นที่ใบน้อยส่งผลให้การดูดน้ำสู่ส่วนเหนือดินลดลง (Osotsapar *et al*., 2011) สอดคล้องกับการทดลองให้ปุ๋ยไนโตรเจน และการให้น้ำต่อผลผลิตของหัวหอมใหญ่โดยพบว่า กรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน (แอมโมเนีย 33 เปอร์เซ็นต์) ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำมีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากทุกกรรมวิธีในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และพบว่า สัมประสิทธิ์การใช้น้ำลดลงในช่วงช่วงเก็บเกี่ยว (El-Akram, 2012)

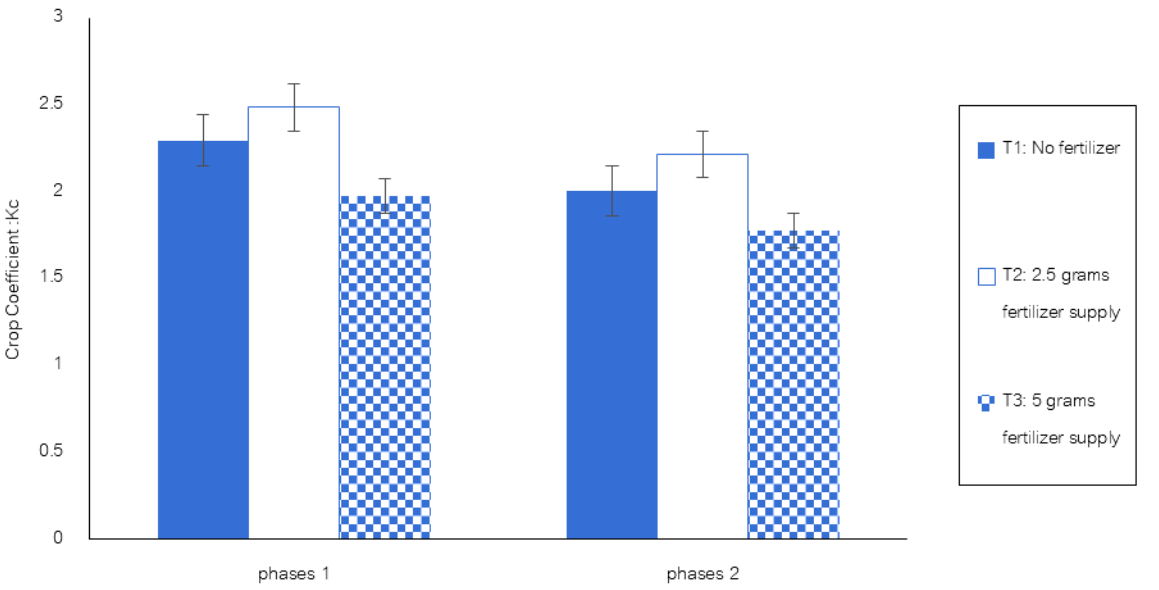


Figure 6. Crop coefficient (Kc) of ornamental onion at phase 2, after supplied with different fertilizer rates. ns = non-significant, means with the same letter within column are not significant different at $P<0.05$ by least significant difference

## สรุป

จากผลการทดลองอัตราปุ๋ยต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำในหอมประดับพบว่า อัตราปุ๋ยไม่มีผลต่อความสูงต้น และจำนวนใบต่อต้น แต่อัตราปุ๋ย 2.5 กรัมต่อต้นทำให้เส้นรอบวง และเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอกมากกว่าการไม่ได้รับปุ๋ย แต่ไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยอัตรา 5 กรัมต่อต้น ในด้านการใช้น้ำของพืชพบว่า กรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยอัตรา 2.5 กรัมต่อต้น ส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้น้ำ ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำ อัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ มีค่ามากกว่าทุกกรรมวิธี การใช้น้ำในระยะตั้งแต่ปลูกถึงดอกเหี่ยวมีค่ามากกว่าระยะดอกเหี่ยวถึงพักตัว

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณศูนย์เลิศพัฒนพฤกษ์ บริษัทพีทีทีแอลเอ็นจี จำกัด สนับสนุนทุนวิจัย และศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ให้การอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

Armitage, A. M. 1993. Specialty Cut Flowers: The Production of Annuals, Perennials, Bulbs, and Woody Plants for Fresh and Dried Cut Flowers. Timber Press, Portland. 371 p.

Boonyatharokul, W. 1983. Principles of Irrigation. Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok. 273 p. (in Thai)

Cooper, P.J.M., P.J. Gregory, J.D.H. Keatinge and S.C. Brown. 1987. Effects of fertilizer, variety and location on barley production under rainfed conditions in Northern Syria 2. Soil water dynamics and crop water use. Field Crops Research 16(1): 67-84.

El-Akram, M.F.I. 2012. Effect of different forms of N-fertilizer and water regime on onion production and some crop - water relations. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering 3(4): 443-456.

El-Naggar, A.H. and A.B. El-Nasharty. 2009. Effect of growing media and mineral fertilization on growth, flowering, bulbs productivity and chemical constituents of *Hippeastrum vittatum*, Herb. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 6(3): 360-371.

Fanga, X., Y. Li, J. Nie, C. Wang, K. Huang, Y. Zhang, Y. Zhang, H. She, X. Liu, R. Ruan and X. Yuan, Z. Yi. 2018. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf photosynthetic characteristics, agronomic traits and grain yield in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.). Field Crops Research 219: 160-168.

Foypikul, W. 2003. Techniques for Soli, Fertilizer and Water Use. Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Surin. 406 p. (in Thai)

Medrano, H., M. Tomás, S. Martorell, J. Flexas, E. Hernández, J. Rosselló, A. Pou, J.-M. Escalona and J. Bota. 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. The Crop Journal 3(3): 220-228.

Iannotti, M. 2020. How to grow and care for Allium (ornamental onion). (Online). Available: https://www.thespruce.com/how-to-grow-

alliums-ornamental-onions-1402878. (September 1, 2020).

Osotsapar, Y., A. Wongmaneeroj and C. Hongprayoon. 2011. Fertilizer for Sustainable Agriculture. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom. 519 p. (in Thai)

Pantatan, U. 2000. Effect of Trimming on Postharvest Quality and Consumer's Opinion of Water Convolvulus (*Ipomoea aquatica*). Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok. 18 p. (in Thai)

Pereira, J.S., and T.T. Kozlowski. 1976. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E.* globulus seedlings. Canadian Journal of Botany 54(24): 2868-2880.

Poruksa, R., S. Punthachot and S. Changieraja. 2002. A study of water use of *Curcuma alismatifolia* gagnep. Journal of Agriculture 18(1): 18-23. (in Thai)

Ruamrungsri, S. 2015. Physiology of Flowers Bulbs. Chiang Mai University Press, Chiang Mai. 276 p. (in Thai)

Ruamrungsri, S., H. Kidsadawanich, R. Kijkar, P. Kansan and T. Phornsawatchai. 2009. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and development of *Gladiolus hybrida.* Journal of Agriculture 25(1): 31-39. (in Thai)

Sivakumar, M.V.K. and S.A. Salaam. 1999. Effect of year and fertilizer on water-use efficiency of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in Niger. Journal of Agricultural science 132(2): 139-148.

Techapinyawat, S. 1992. Plant Physiology. Department of Botany. Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok. 213 p. (in Thai)

Tuner, N.C. 1986. Crop water deficits: A decade of progress. Advances in Agronomy 39: 1-51.

Tungsomboun, T. 2006. Water Use in Plant. Irrigation Water Management Division. Bureau of Water Management and Hydrology, Royal Irrigation Department, Bangkok. 44 p. (in Thai)

Vuthijumnong, K. 1986. Soil Management and Water Use. Faculty of Agricultural Production. Maejo University, Chiang Mai. 289 p. (in Thai)

Ye, S., T. Liu, and Y. Niu. 2020. Effects of organic fertilizer on water use, photosynthetic characteristics, and fruit quality of pear jujube in northern Shaanxi. Open Chemistry 18(1): 537-545.

Yousaf, Z., Z.K. Shinware, R. Asghar and A. Parveen. 2008. Leaf epidermal anatomy of selected Allium species, family Alliaceae from Pakistan. Pakistan Journal of Botany 40(1): 77-90.

Yu, X.F., X.C. Zhang, H.L. Wang, Y.F. Ma, H.Z. Hou and Y.J. Fang. 2016. Effects of fertilizer application on water consumption characteristics and yield of potato cultured under ridge-furrow and whole filed plastic mulching in rain-fed area. Chinese Journal of Applied Ecology 27(3): 883-890.