# การจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเบบี้คอสในโรงเรือนบนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่

# Appropriate Fertilizer Management for Baby Cos Production Under Greenhouse Condition on Highland in Chiang Mai Province

**รัตนาภรณ์ ใจมา ฟ้าไพลิน ไชยวรรณ และ ชูชาติ สันธทรัพย์***

Rattanaphon Chaima, Fapailin Chaiwan and Choochad Santasup*

*ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200*

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

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

*(Received: 18 February 2020; Accepted: 27 May 2020)*

**Abstract:** Study on the effect of fertilizer management for baby cos production was carried out at farmers' greenhouses on highland in Chiang Mai province from April 2019 to May 2019. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications and 4 treatments. The fertigation treatments were as follows: treatment 1 (CFR), applied N:$P_2O_5$:$K_2O$ at the rate of 39.2:14.7:36.6 kg/rai; treatment 2 (FCR), applied N:$P_2O_5$:$K_2O$ at the rate of 5.9:4.4:11.4 kg/rai and treatment 3 (SSFM), applied nitrogen fertilizer only at the rate of 5.9 kg/rai. The non-fertilizer application was used as a control treatment. The study indicated that the application of nitrogen fertilizer only at 5.9 kg/rai (treatment 3, SSFM) tended to increase the growth of baby cos. The total fresh yield (6.39 ton/rai) and marketable yield (2.65 ton/rai) obtained from treatment 3 (SSFM) which were higher than the other treatments, especially when compared with treatment 1 (CFR), which was applied at the common fertilization rate. The total fresh yield and marketable yield obtained from that treatment was only 5.02 and 2.08 ton/rai, respectively. Besides, the fertilizer application rate of treatment 3 (SSFM) was the highest fertilizer efficiency use. The results from this study suggested that for baby cos production in soil containing a high amount of organic matter, available phosphorus and exchangeable potassium, nitrogen fertilizer application by fertigation system at the rate of 5.9 kg/rai was sufficient and suitable for producing good quality baby cos under greenhouse condition on highland.

**Keywords:** Fertigation, nutrient, baby cos, yield



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

**บทคัดย่อ**: การศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมในการผลิตเบบี้คอส ได้ดำเนินการในโรงเรือนปลูกผักของเกษตรกรบนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน เมษายน 2562-พฤษภาคม 2562 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ และ 4 กรรมวิธีทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยการให้ปุ๋ยในระบบน้ำในอัตราที่แตกต่างกัน 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 (CFR) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส ($P_2O_5$) และโพแทสเซียม ($K_2O$) ในอัตรา 39.2, 14.7 และ 32.7 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2 (FCR) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 5.9, 4.4 และ 11.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 3 (SSFM) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงชนิดเดียว ในอัตรา 5.9 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 4 เป็นกรรมวิธีควบคุม (control) ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) มีแนวโน้มทำให้เบบี้คอสมีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตทั้งหมด 6.39 ตันต่อไร่ และเป็นผลผลิตที่จำหน่ายได้ 2.65 ตันต่อไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยในอัตราที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ ซึ่งได้ผลผลิตทั้งหมดเพียง 5.02 ตันต่อไร่ และเป็นผลผลิตที่จำหน่ายได้ 2.08 ตันต่อไร่ และนอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) เป็นการใส่ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพการดูดใช้ปุ๋ยมากที่สุด ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การปลูกเบบี้คอสในดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระบบน้ำ อัตรา 5.9 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นอัตราที่เพียงพอและเหมาะสมสำหรับการผลิตเบบี้คอสคุณภาพในโรงเรือนบนพื้นที่สูง

**คำสำคัญ**: การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ ธาตุอาหาร เบบี้คอส ผลผลิต

## คำนำ

เบบี้คอส (baby cos) (*Lactuca sativa* L.) อยู่ในวงศ์ Asteraceae เป็นพืชผักมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะไฟเบอร์ มีสารอาหารพวกวิตามิน เช่น วิตามินเอ วิตามินซี มีธาตุอาหารพวกแคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ (Pinto *et al*., 2014) เบบี้คอสจึงเป็นผักที่นิยมนำมาบริโภคทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ทางมูลนิธิโครงการหลวงจึงได้มีการส่งเสริมเกษตรกรบนพื้นที่สูงให้ผลิตเบบี้คอสในระบบโรงเรือนและให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด ในปี พ.ศ. 2557 มูลนิธิโครงการหลวงสามารถผลิตเบบี้คอสได้ปริมาณ 229.29 ตัน คิดเป็นมูลค่า 8,396,761.85 บาท (Santasup *et al*., 2016) อย่างไรก็ตามการผลิตเบบี้คอสในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงทำให้มีการส่งเสริมการผลิตอย่างมากบนพื้นที่สูง ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เพื่อให้ได้ปริมาณ และคุณภาพที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้การจัดการธาตุอาหารในแปลงปลูกเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตเบบี้คอส

ในปัจจุบันในระบบการผลิตเบบี้คอส การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพตามความต้องการ (Fallovo *et al*., 2009) จากการศึกษาของ Khoshgoftarmanesh *et al.* (2011) และ Solaiman *et al.* (2019) พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูงจะช่วยเพิ่มผลผลิตของผักกาด แต่หากได้รับปริมาณไนโตรเจนที่ไม่เพียงพอ ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตลดลงอย่างมาก และยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์คอส (Fei *et al*., 2011; Siringam, 2014) Chaima and Santasup (2019) ศึกษาความต้องการธาตุอาหารของเบบี้คอสที่ปลูกในโรงเรือนบนพื้นที่สูงที่มีการให้ปุ๋ยไปพร้อมกับน้ำ พบว่า เบบี้คอสต้องการไนโตรเจน 3.02-8.89 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.53-1.78 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 5.42-18.31 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามเกษตรกรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ($P_2O_5$) และโพแทสเซียม ($K_2O$) ในอัตรา 39.2-51.20, 14.76-19.20 และ 32.71-42.67 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยในปริมาณสูงเกินความต้องการของเบบี้คอส การใส่ปุ๋ยของเกษตรกรโดยทั่วไปเป็นการใส่ปุ๋ยตามที่เคยปฏิบัติสืบต่อกันมา โดยไม่ได้คำนึงถึง

ความต้องการธาตุอาหารของพืช และปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่มากและต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสะสมของธาตุอาหารส่วนเกิน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสมดุลธาตุอาหารในดิน และธาตุอาหารบางส่วนอาจถูกชะล้างทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำ (Sanz-Cobena *et al*., 2012) เช่นเดียวกับ Visitpanich *et al*. (2006) ก็พบปัญหาการสะสมของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินที่ใช้ในการผลิตพืชในโรงเรือนเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มสูงขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าของดิน ที่เป็นดัชนีชี้วัดค่าความเค็มของดิน ซึ่งหากปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลายดินมีมากเกินไปจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลิตผลของพืช และจากการศึกษาของ Bureerat (2002) พบว่าพื้นที่ปลูกกะหล่ำปลีบนพื้นที่สูงมีการใส่ปุ๋ยเคมีโดยขาดหลักการจัดการธาตุอาหารเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้ดินมี pH ลดลงต่ำกว่า 5 และทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุลดลง อีกทั้งยังมีการสะสมของปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในระดับสูง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในดินที่มีระดับ pH 6.0-6.8 ปริมาณอินทรียวัตถุ 2.0-3.0% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 35-60 มิลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในช่วง 100-120 มิลิกรัมต่อกิโลกรัม นั้นเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช (Chalernthai and Santasup, 2017, Shutsrirung, 2008) ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเบบี้คอส จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเบบี้คอสในโรงเรือนบนพื้นที่สูง และเป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งลดผลกระทบจากการปนเปื้อนจากการใช้ปุ๋ยในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม

## อุปกรณ์และวิธีการ

**วิธีการศึกษา**: การศึกษาทดลองในครั้งนี้ได้ดำเนินการในพื้นที่สูง บ้านแม่โถ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน เมษายน 2560 ถึง พฤษภาคม 2560 โดยปลูกเบบี้คอสในโรงเรือนตาข่าย ขนาด 180 ตารางเมตร (6x30 เมตร) ซึ่งแบ่งแปลงทดลองออกเป็น 4 แปลง (4 บล็อก) โดยแต่แปลงประกอบด้วยแปลงย่อยขนาด 1.2 x 7.0 เมตร จำนวน 4 แปลง (4 กรรมวิธีทดลอง) มีระยะปลูกเบบี้คอส 20 x 20 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงทดลองย่อย มีเบบี้คอส จำนวน 210 ต้น ก่อนปลูกทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติของดิน (Siwasin, 1984) เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารในดิน ซึ่งดินอยู่ในกลุ่มชุดดินพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (SC:slope complex) (Land Development Department, 2015) โดยดินที่ใช้ปลูกเป็นดินเหนียว (36% sand, 15% silt, 49% clay) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.75 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 8.25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 771 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 1,277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การศึกษาในครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 บล็อก โดยวางบล็อกขวางความลาดชันของพื้นที่ แต่ละบล็อกประกอบด้วยการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยในอัตราที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในการปลูกเบบี้คอสในโรงเรือนบนพื้นที่สูง (common fertilization rate for baby cos, CFR) โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ($N:P_2O_5:K_2O$) ในอัตรา 39.2:14.7:32.7 กิโลกรัมต่อไร่ (Santasup *et al*., 2016) 2) ใส่ปุ๋ยในอัตราที่ประเมินจากปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตเบบี้คอส (fertilizer rate based on crop removal data, FCR) ( Chaima and Santasup, 2019) โดยใส่ปุ๋ย $N:P_2O_5:K_2O$ ในอัตรา 5.9:4.4:11.4 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยในอัตราการใส่ปุ๋ยประเมินจากปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตเบบี้คอสและปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน หรือเรียกว่าการใส่ปุ๋ยแบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ (site specific fertilizer management, SSFM) ซึ่งใส่เฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวในอัตรา 5.9 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) กรรมวิธีควบคุม (control) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และธาตุอื่น ๆ นอกจากน้ำ ซึ่งการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1-3 เป็นการใส่ปุ๋ยไปพร้อมกับระบบน้ำหยด (fertigation) โดยเตรียมปุ๋ยในรูปสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น A และ B ซึ่งการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 องค์ประกอบและความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ย A และ B เตรียมตามกรรมวิธีของเกษตรกร (Santasup *et al*.,

2016) ส่วนกรรมวิธีที่ 2 สารละลายปุ๋ย A เป็นสารละลายแคลเซียมไนเตรท (15-0-0) ความเข้มข้น 2.66 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายปุ๋ย B เป็นสารละลายปุ๋ยผสมของโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34) และ โพแทสเซียมไนเตรต (13-0-46) ความเข้มข้น 0.98 และ 2.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 3 สารละลายปุ๋ย A เป็นสารละลายแคลเซียมไนเตรท (15-0-0) ความเข้มข้น 4.49 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปุ๋ย B เป็นน้ำเปล่า สำหรับการจ่ายสารละลายปุ๋ยเข้าสู่ระบบน้ำหยด จะผสมสารละลายปุ๋ย A และ B ในอัตรา 1:1 (โดยปริมาตร) ในถังน้ำ แล้วจ่ายสารละลายปุ๋ยด้วยอุปกรณ์ดูดสารละลายธาตุอาหารแบบเวนจูรี (venturi) การให้ปุ๋ยเริ่มให้ในวันที่ 5 หลังย้ายปลูก และให้ปุ๋ยแก่เบบี้คอสทุกวัน (อัตรา 2-6 ลิตรต่อรอบการให้น้ำต่อโรงเรือน) จนถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ จึงหยุดให้ปุ๋ย (ใช้สารละลายปุ๋ย A และ B ชนิดละ 98 ลิตรต่อโรงเรือน)

**การเก็บบันทึกข้อมูล**: สุ่มเก็บตัวอย่างเบบี้คอสในแต่ละกรรมวิธีทดลอง จากแต่ละแปลงทดลองย่อยในพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร ที่ระยะ 18 วันหลังย้ายปลูก (day after transplanting, DAT) และขนาดพื้นที่ 4 ตารางเมตร ที่ระยะ 31 DAT ทำการบันทึกน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส) ในส่วนของลำต้นส่วนเหนือดินและราก เพื่อนำมาประเมินการสะสมน้ำหนักแห้งของเบบี้คอส และที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (31 วันหลังย้ายปลูก) บันทึกปริมาณผลผลิตทั้งหมด และผลผลิตที่สามารถนำไปจำหน่ายได้ (ผลผลิตที่ถูกนำไปตัดแต่งก่อนส่งจำหน่าย) และนำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total-N) (Novozamsky *et al*., 1974), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total-P) (Suwanwong, 2001) และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total-K) (Kalra, 1998) เพื่อนำมาประเมิน 1) การดูดใช้ธาตุอาหารของเบบี้คอส โดยประเมินจากผลคูณระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารและน้ำหนักแห้งของพืช (Santasup *et al*., 2016) และ 2) ประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย โดยประเมินจากผลต่างระหว่างธาตุอาหารที่ถูกดูดมาสะสมในเบบี้คอสจากกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยกับธาตุอาหารทั้งหมดที่ถูกดูดมาสะสมในเบบี้คอสจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (Osotsapar *et al*., 2008)

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**: วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี ANOVA (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีทดลองโดยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลการศึกษา

**การเจริญเติบโต**: ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเบบี้คอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ที่ระยะ 18 วันหลังย้ายปลูก การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM)

Table 1. Effects of fertilizer management on dry weight of baby cos

| Treatment | Dry weight (g/plant) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 DAT | | 18 DAT | | 31 DAT | |
| | Root | Stem | Root | Stem | Root | Stem |
| 1. CFR-(39.2:14.7:32.7) | 0.02 | 0.19 | 0.15 $^{b}$ | 1.25 $^{b}$ | 0.63 $^{b}$ | 5.95 |
| 2. FCR-(5.9:4.4:11.4) | 0.03 | 0.17 | 0.14 $^{b}$ | 1.17 $^{b}$ | 0.68 $^{ab}$ | 5.60 |
| 3. SSFM-(5.9:0:0) | 0.02 | 0.13 | 0.24 $^{a}$ | 1.80 $^{a}$ | 0.80 $^{a}$ | 6.54 |
| 4. Control | 0.02 | 0.14 | 0.13 $^{b}$ | 1.13 $^{b}$ | 0.67 $^{ab}$ | 5.71 |
| F-test$_{(0.05)}$ | - | - | * | * | * | ns |
| CV (%) | 18.51 | 12.70 | 18.51 | 12.70 | 15.12 | 15.98 |

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) test at 5% probability level, ns = non- significant, DAT = day after transplanting

ทำให้เบบี้คอสมีการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (1.80 กรัมต่อต้น) และราก (0.24 กรัมต่อต้น) สูงที่สุดและสูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 (CFR), 2 (FCR) และ 4 (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเบบี้คอสที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 (CFR), 2 (FCR) และ 4 (control) มีการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 1.25, 1.17 และ 1.13 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และมีการสะสมน้ำหนักแห้งของรากเท่ากับ 0.15, 0.14 และ 0.13 กรัมต่อต้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (31 วันหลังการย้ายปลูก) พบว่า การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งส่วนลำต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนลำต้นอยู่ในช่วง 5.71-6.54 กรัมต่อต้น แต่การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของราก ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) มีการสะสมน้ำหนักแห้งของรากสูงที่สุดที่ 0.80 กรัมต่อต้น ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 (CFR) ที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งของรากต่ำที่สุดเพียง 0.63 กรัมต่อต้น แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 2 (FCR) และ 4 (control) ซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งของรากเท่ากับ 0.68 และ 0.67 กรัมต่อต้น ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่า การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินที่ระยะเก็บเกี่ยวถึงแม้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) มีแนวโน้มทำให้เบบี้คอสเจริญเติบโตได้ดีมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราสูงตามกรรมที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ (CFR) ไม่ส่งผลให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น แต่กลับส่งผลให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินลดลง

**ผลผลิต**: ผลการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยแตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี ส่งผลต่อน้ำหนักสดผลผลิตของเบบี้คอสทั้งก่อนและหลังการตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) ทำให้เบบี้คอสมีน้ำหนักผลผลิตก่อนตัดแต่ง (6.39 ตันต่อไร่) สูงที่สุดและสูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 (CFR), 2 (FCR) และ 4 (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเบบี้คอสที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 (CFR), 2 (FCR) และ 4 (control) มีน้ำหนักผลผลิตก่อนตัดแต่งเท่ากับ 5.02, 5.52 และ 4.63 ตันต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักสดผลผลิตหลังการตัดแต่งก็พบเช่นเดียวกับน้ำหนักสดผลผลิตก่อนการตัดแต่ง การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) มีน้ำหนักสดหลังตัดแต่งเฉลี่ยสูงที่สุดที่ 2.65 ตันต่อไร่ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 (CFR), 2 (FCR) และ 4 (control) ที่มีน้ำหนักสดหลังตัดแต่งเฉลี่ย 2.08, 2.29 และ 1.92 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูง ไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณผลผลิต

**ความเข้มข้นของธาตุอาหาร**: ผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในเบบี้คอส (ส่วนเหนือดิน) ที่ระยะเก็บเกี่ยว (Table 3) พบว่า การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเบบี้คอสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 (CFR) ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเบบี้คอสสูงที่สุด (5.31 เปอร์เซ็นต์) และสูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 (FCR), 3 (SSFM) และ 4 (control) ซึ่งพบความเข้มข้นของไนโตรเจนเท่ากับ 4.60, 4.49 และ 4.55 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมี

Table 2. Effects of fertilizer management on yield of baby cos

| Treatment | Fresh weight (ton/rai) | |
|---|---|---|
| | Total yield | Marketable yield |
| 1. CFR-(39.2:14.7:32.7) | 5.02 $^{bc}$ | 2.08 $^{bc}$ |
| 2. FCR-(5.9:4.4:11.4) | 5.52 $^{b}$ | 2.29 $^{b}$ |
| 3. SSFM-(5.9:0:0) | 6.39 $^{a}$ | 2.65 $^{a}$ |
| 4. Control | 4.63 $^{c}$ | 1.92 $^{c}$ |
| F-test$_{(0.05)}$ | * | * |
| CV (%) | 6.42 | 12.33 |

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level, DAT = day after transplanting

นัยสำคัญทางสถิติระหว่างการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 (FCR), 3 (SSFM) และ 4 (control) สำหรับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเบบี้คอสทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.86-0.91 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 8.30-8.57 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช แต่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

**การดูดใช้ธาตุอาหาร**: ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเบบี้คอสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนจากดินมาสะสมในลำต้นส่วนเหนือดินของเบบี้คอส (Table 3) พบว่า เบบี้คอสมีการดูดใช้ไนโตรเจน ในช่วง 9.27-11.21 กิโลกรัมต่อไร่ เช่นเดียวกับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เบบี้คอสมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในช่วง 1.74-2.13 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ดูดใช้โพแทสเซียมในช่วง 16.83-20.16 กิโลกรัมต่อไร่ ข้อมูลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยในปริมาณที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช

**ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย**: เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในการผลิตเบบี้คอส (Table 4) พบว่า การใส่ปุ๋ยในกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) มีแนวโน้มที่สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 (CFR) และ 2 (FCR) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่ 1 (CFR) มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 4.95, 0.48 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธี 2 (FCR) มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 1.53, 1.14 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยในปริมาณที่สูงขึ้นไม่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น

**Table 3.** Effects of fertilizer management on concentration and total nutrient uptake of baby cos

| Treatment | Concentration (%) | | | Total nutrient uptake (kg/rai) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | P | K | N | P | K |
| 1. CFR-(39.2:14.7:32.7) | 5.31 [a] | 0.86 | 8.30 | 11.21 | 1.81 | 17.49 |
| 2. FCR-(5.9:4.4:11.4) | 4.60 [b] | 0.90 | 8.42 | 9.36 | 1.79 | 16.83 |
| 3. SSFM-(5.9:0:0) | 4.49 [b] | 0.91 | 8.57 | 10.54 | 2.13 | 20.16 |
| 4. Control | 4.55 [b] | 0.86 | 8.53 | 9.27 | 1.74 | 17.44 |
| F-test$_{(0.05)}$ | * | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | 8.06 | 3.73 | 3.46 | 20.10 | 14.01 | 15.36 |

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level, ns = non- significant, DAT = day after transplanting

**Table 4.** Fertilizer used efficiency for baby cos production

| Treatment | Fertilizer used efficiency (%) | | |
|---|---|---|---|
| | N | P | K |
| 1. CFR-(39.2:14.7:32.7) | 4.95 | 0.48 | 0.15 |
| 2. FCR-(5.9:4.4:11.4) | 1.53 | 1.14 | 0.00 |
| 3. SSFM-(5.9:0:0) | 21.53 | - | - |

## วิจารณ์

จากการศึกษาการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี พบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของเบบี้คอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะ 18 วันหลังย้ายปลูก การใส่ปุ๋ยในอัตราที่ประเมินจากความต้องการธาตุอาหารของเบบี้คอสและความอุดมสมบูรณ์ดิน (กรรมวิธีที่ 3 (SSFM)) โดยใส่เฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5.9 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้เบบี้คอสสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและรากสูงกว่าทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันที่ระยะเก็บเกี่ยว (31 วันหลังย้ายปลูก) การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) ยังคงทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของรากสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนเหนือดินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม แต่การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) มีแนวโน้มทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวในอัตรา 5.9 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงพอต่อความต้องการธาตุอาหารของเบบี้คอส เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร (กรรมวิธีที่ 1 (CFR)) ที่ใส่ไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่าถึง 6 เท่า (39.2 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหากดินมีไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นพืชจะตอบสนองต่อการให้ธาตุอาหารได้มากกว่าอัตราต่ำ ซึ่ง Hasan *et al*. (2017) ได้ศึกษาอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน (0, 8, 16 และ 24 กิโลกรัมต่อไร่) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 24 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผักสลัด (*L. sativa*) มีการสะสมน้ำหนักแห้งมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม หากพืชได้รับธาตุอาหารในระดับที่เพียงพอแล้ว พืชจะไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้น Boroujerdnia and Ansari (2007) ศึกษาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธี (0, 9.6, 19.2 และ 28.8 กิโลกรัมต่อไร่) พบว่า การเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลให้ผักสลัด (*L. sativa*) มีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นแต่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตรา 19.2 กิโลกรัมต่อไร่ มีการสะสมน้ำหนักแห้งมากที่สุด และนอกจากนี้ข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นว่าเบบี้คอสไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 771 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คิดเป็นปริมาณฟอสฟอรัส 241 กิโลกรัมต่อไร่) และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 1,277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คิดเป็นปริมาณโพแทสเซียม 398 กิโลกรัมต่อไร่) อยู่ในระดับที่สูงมาก สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารทั้งสองในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของเบบี้คอส พืชจึงไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยทั้งสอง

สำหรับปริมาณผลผลิตของเบบี้คอสทั้งก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่ง ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกับการสะสมน้ำหนักแห้ง การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) (ไนโตรเจนอัตรา 5.9 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้น้ำหนักสดก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1(CRF) ซึ่งเกษตรกรใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่า ทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (39.2:14.7:32.7 กิโลกรัมต่อไร่) ข้อมูลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไม่จำเป็นสำหรับการปลูกเบบี้คอสในดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง ซึ่งยืนยันได้จากค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมหรือการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของเบบี้คอส ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยและกรรมวิธีที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย และนอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (กรรมวิธีที่ 1 และ 2) ในดินที่มีการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในระดับที่สูง ยังส่งผลให้ปริมาณผลผลิตลดลงได้ เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสระดับสูงในดินขัดขวางการดูดใช้สังกะสี (Sayed, 2011) และทำให้สังกะสีตกตะกอนในรูปสังกะสีฟอสเฟตซึ่งมีการละลายยาก (Pendias, 2011) ให้พืชขาดสังกะสีได้ ซึ่ง Inthasan and Dechjiraratthanasiri (2018) ศึกษาการใส่ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-20-0) ที่แตกต่างกัน 2 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ซุปเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลต่อความเข้มข้นของสังกะสี

ในเมล็ดถั่วเขียวและมีปริมาณผลผลิตน้อยกว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ซุปเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เช่นเดียวกับฟอสฟอรัส การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดินที่ดินมีโพแทสเซียมในปริมาณที่สูง ก็ไปยับยั้งการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมของพืช เนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน ซึ่งอาจทำให้พืชเกิดอาการขาดแมกนีเซียมขึ้นมาได้ (Metson, 1974) ซึ่ง Sittigul *et al.* (2005) พบอาการขาดแมกนีเซียมในคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (910-990 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่สำหรับธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช และนอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง โดยทั่วไปแล้วในดินมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่ำ ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืช พืชจะตอบสนองต่อปุ๋ยอย่างชัดเจน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรรมวิธีที่ 1 (CRF) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง (39.2 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเบบี้คอสสูงกว่า กรรมวิธีที่ 2 (FCR) และ 3 (SSFM) มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำกว่า (5.9 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่ง Liu *et al.* (20014) ก็พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในผักกาดเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ในขณะที่ Sylvestre *et al.* (2019) พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 4.8 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตดีกว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 9.6-28.8 กิโลกรัมต่อไร่ และการศึกษาของ Tempesta *et al.* (2019) พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 12 กิโลกรัมต่อไร่ และ 24 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตดีไม่แตกต่างกัน แต่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 48 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผลผลิตของผักกาดลดลง เช่นเดียวกับการทดลองของ Boroujerdnia and Ansari (2007) ที่พบว่า กรรมวิธีที่มีการ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 19.2 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 28.8 กิโลกรัมต่อไร่ กลับทำให้ผลผลิตที่ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากเกิดภาวะเป็นพิษในพืช (Sruamsiri, 2011) เมื่อพืชผักดูดใช้ไนโตรเจนมากขึ้นพืชลดการสร้างเส้นใย ลิกนิน และเซลลูโลส (Sangmanee and Somniyam, 2018) ส่งให้ผักอวบน้ำมาก ก่อให้เกิดการเน่าเสียของผลผลิต ซึ่งจากข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณผลผลิต (Acar *et al*., 2008) และส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในผักทำให้มีการสร้างโปรตีนมาก เกิดความเสียหายต่อสารประกอบคาร์บอนส่งผลให้ปริมาณสารอาหารในผักกาดลดลง เช่นปริมาณของฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ (Albornoz, 2016, Elhanafi *et al*., 2019) แต่หากใส่ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไปส่งผลให้ปริมาณผลผลิตลดลง และไนโตรเจนสามารถเพิ่มระดับผลผลิตได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น ส่งผลให้มีการสะสมไนเตรทโดยไม่เพิ่มปริมาณผลผลิต (Stefanelli *et al*. 2011) ทำให้พืชมีการสะสมไนเตรทในปริมาณที่สูง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากในร่างกายของคน ไนเตรทสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเมทฮีโมโกลบีเมีย (methemoglobinemia) และอาจกลายเป็นสารก่อมะเร็ง (Phasuk *et al*. 2019) นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตของผักกาด (Johnstone *et al*., 2005; Soundy *et al*., 2001)

เมื่อพิจารณาสมบัติดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า ดินบนพื้นที่สูง เนื้อดินเป็นดินเหนียวสีแดง มีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจัดการธาตุอาหารทั้งสองไม่เหมาะสมอย่างต่อเนื่องมายาวนาน จึงเกิดการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินในระดับสูง Cimrin and Yilmaz (2005) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่สูงต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานส่งผลต่อการสะสมฟอสฟอรัสในดินที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกับ Li *et al.* (2019) ที่พบว่า การปลูกผักในโรงเรือนเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้มีการสะสมปริมาณของฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งต่างกับไนโตรเจนที่มีการสูญเสียได้ง่าย ซึ่ง Bouwman *et al.* (2002) พบว่า การสูญเสียไนโตรเจนในปริมาณสูงจากพื้นที่ทำการเกษตรสู่สิ่งแวดล้อม จึงทำให้ไนโตรเจนโดยทั่วไปไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ (กรรมวิธีควบคุม) ยังคงให้ผลผลิตที่ดี โดยมีผลผลิตใกล้เคียงกับ

กรรมวิธีที่ 1 (CFR) ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนถึง 39.2 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดินของแปลงที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้สูงถึง 8.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอินทรียวัตถุเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญในดิน ซึ่งจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน (nitrogen mineralization) (Khunthong *et al*., 2019) ให้กับเบบี้คอสตลอดระยะเวลาที่ปลูก จึงยังคงทำให้เบบี้คอสให้ผลผลิตที่ดี ถึงแม้ไม่มีการใส่ปุ๋ยก็ตาม

ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งชี้ให้เห็นว่า ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (771 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 214 กิโลกรัมต่อไร่) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (1,277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 398 กิโลกรัมต่อไร่) ในระดับสูง การปลูกพืชโดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว (กรรมวิธีที่ 3) เบบี้คอสดูดใช้ฟอสฟอรัส 2.13 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 20.16 กิโลกรัมต่อไร่ จากดิน (ปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต) ซึ่งช่วยลดการสะสมของธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินลงได้ 1.0 และ 5.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่า เกษตรกรสามารถใช้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวอย่างน้อย 16 รอบการผลิต จึงลดปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมอยู่ในดินให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม (100-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 31-62 กิโลกรัมต่อไร่) และไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างน้อย 93 รอบการผลิต จึงลดปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในดินอยู่ในระดับที่เหมาะสม (25-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 7.8-14.0 กิโลกรัมต่อไร่) หลังจากที่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลดลงมาอยู่ในระดับที่เหมาะสม การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมควรใส่ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของเบบี้คอส เพื่อรักษาสมดุลของธาตุอาหารในดิน ดังนั้นการประเมินอัตราการใส่ปุ๋ยโดยพิจารณาถึงความต้องการธาตุอาหารของเบบี้คอสและปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมที่จะนำมาวางแผนการจัดการธาตุอาหารเพื่อให้ได้ผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพที่ดี ทำให้การจัดการปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเกินความจำเป็น ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตและลดการปนเปื้อนปุ๋ยสู่สิ่งแวดล้อม

## สรุป

การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเบบี้คอสในโรงเรือนบนพื้นที่สูง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การใส่ปุ๋ยในระบบน้ำตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) ในอัตรา 5.9:0:0 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยแบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ โดยพิจารณาอัตราการใส่ปุ๋ยจากความต้องการธาตุอาหารของเบบี้คอสและปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำให้เบบี้คอสมีแนวโน้มเจริญเติบโตดี ถึงแม้การสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ (CFR), การใส่ปุ๋ยโดยประเมินจากความต้องการธาตุอาหารของเบบี้คอส (FCR) และกรรมวิธีควบคุม (control) แต่การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSFM) เบบี้คอสให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยได้ผลผลิตเบบี้คอสทั้งหมด 6.39 ตันต่อไร่ และเป็นผลผลิตที่จำหน่ายได้ (น้ำหนักสดหลังการตัดแต่ง) 2.65 ตันต่อไร่ ผลการศึกษาชี้เห็นได้ว่า การปลูกเบบี้คอสในดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระบบน้ำ อัตรา 5.9 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นอัตราที่เพียงพอและเหมาะสมสำหรบการผลิตเบบี้คอสคุณภาพในโรงเรือนบนพื้นที่สูง

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ดิน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปการณ์ในการวิเคราะห์ดินและพืช

## เอกสารอ้างอิง


Acar, B., M. Paksoy, Ö. Türkmen and M. Seymen. 2008. Irrigation and nitrogen level affect lettuce yield in greenhouse condition. African Journal of Biotechnology 7(24): 4450-4453.

Albornoz, F. 2016. Crop responses to nitrogen overfertilization: A review. Journals of Scientia Horticulturae (205): 79-83.

Boroujerdnia, M. and N.A. Ansari. 2007. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and cultivars on growth, yield and yield components of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.). Middle Eastern Russian Journal of Plant Science and Biotechnology 1(2): 47-53.

Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans and N.H. Batjes. 2002. Emissions of $N_2O$ and NO from fertilized fields: summary of available measurement data. Global Biogeochemical Cycles 16(4), doi: 10.1029/2001GB001811.

Bureerat, S. 2002. Soil chemical properties under different land use patterns at Inthanon mountain, Chiang Mai province. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 90 p. (in Thai)

Chaima, R. and C. Santasup. 2019. Nutrient requirements water and fertilizer consumption for baby cos production under greenhouse conditions in highland, Hot district, Chiang Mai province. pp. 67-68. *In:* Proceeding of 6th National Soil and Fertilizer Conference: Soils: Where Nutrition Starts for Health and Environment. Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom. (in Thai)

Chalernthai, P. and C. Santasup. 2017. Effects of potassium fertilizer on quality and yield of sweet corn in Ngao district, Lampang province. Journal of Agriculture 34(1): 29-40. (in Thai)

Cimrin, K.M. and I. Yilmaz. 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. Journal of Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science 55(1): 58-63.

Elhanafi, L., M. Houhou, C. Rais, I. Mansouri, L. Elghadraoui and H. Greche. 2019. Impact of excessive nitrogen fertilization on the biochemical quality, phenolic compounds, and antioxidant power of *Sesamum indicum* L Seeds. Journal of Food Quality, doi: 10.1155/2019/9428092.

Fallovo, C., Y. Rouphael, M. Cardarelli, E. Rea, A. Battistelli and G. Colla. 2009. Yield and quality of leafy lettuce in response to nutrient solution composition and growing season. Journal of Food, Agriculture and Environment 7(2): 456-462.

Fei, L., M. Zhao, X. Chen and Y. Shi. 2011. Effects of phosphorus accumulation in soil with the utilization ages of the vegetable greenhouses in the suburb of Shenyang. Procedia Environmental Sciences 8: 16-20.

Hasan, M.R., A.K.M.M. Tahsin, M.N. Islam, M.A. Ali and J. Uddain. 2017. Growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) influenced as nitrogen fertilizer and plant spacing. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science 10(6): 62-71.

Inthasan, J. and C. Dechjiraratthanasiri. 2018. Effect of triple superphosphate (TSP) and organic fertilizer application on soil chemical properties of mung bean (*Vigna radiate* (L.) R. Wilczek) Kamphaeng Saen 2 variety production. Journal of Plant Science 5(2): 62-68. (in Thai)

Johnstone, P.R., T.K. Hartz, M.D. Cahn and M.R. Johnstone. 2005. Lettuce response to phosphorus fertilization in high phosphorus soils. HortScience 40(5): 1499-1503.

Kalra,Y.P. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press, Boca Raton. 300 p.

Khoshgoftarmanesh, A.H., F. Hosseini and M. Afyuni. 2011. Nickel supplementation effect on the growth, urease activity and urea and nitrate concentrations in lettuce supplied with different nitrogen sources. Scientia Horticulturae 130(2): 381-385.

Khunthong, S., C. Wattanawangjongsuk and S. Narabhat. 2019. Mineralizaed nitrogen and organic matter changer in soil amended with *Crotalaria juncea* L. residues. Journal of Agricultural Research and Extension 36(2): 33-44. (in Thai)

Land Development Department. 2015. LDD soil guide. (Online). Available: http://lddsoilguide.ldd.go.th/soilguide/#/app/map (January 1, 2020). (in Thai)

Li, J., X. Wan, X. Liu, Y. Chen, L.C. Slaughter, D.C. Weindorf and Y. Dong. 2019. Changes in soil physical and chemical characteristics in intensively cultivated greenhouse vegetable fields in North China. Soil and Tillage Research 195: 104366, doi: 10.1016/j.still.2019.104366.

Liu, C-W., Y. Sung, B. Chen and H. Lai. 2014. Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). International Journal of Environmental Research and Public Health 11(4): 4427-4440.

Metson, A.J. 1974. Magnesium in New Zealand soils 1. Some factors governing the availability of soil magnesium: a review. New Zealand Journal of Experimental Agriculture (2): 277-319.

Novozamsky, I., R. van Eck, J.C. van Schouwenburg and I. Wallinga. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Netherlands Journal of Agricultural Science 22: 3-5.

Osotsapar, Y., A. Wongmaneeroj and C. Hongprayoon. 2008. Fertilizer for Sustainable Agriculture. Kasetsart University, Bangkok. 519 p. (in Thai)

Pendias, A.K. 2011. Trace Elements in Soils and Plants. Fourth Edition. CRC Press, Boca Raton. 505 p.

Phasuk, A., P. Chutichudet and B. Chutichudet. 2019. Growth yield and nitrate accumulation in five lettuces grown under hydroponics system. Journal of Science and Technology Mahasarakham University 38(4): 392-401. (in Thai)

Pinto, E., A.A. Almeida, A.A.R.M. Aguiar and I.M.P.L.V.O. Ferreira. 2014. Changes in macrominerals, trace elements and pigments content during lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth: influence of soil composition. Food Chemistry 152: 603-611.

Sangmanee, P. and V. Somniyam. 2018. Enhancing effectiveness of Chinese water convolvulus (*Ipomoea aquatica*) production by applying rain tree leaves (*Sesbanea saman*) and plant nutrition management. Journal of Plant Science 5(2): 49-56. (in Thai)

Santasup, C., S. Thumdee, F. Chaiwan and W. Spreer. 2016. Improvement of water and fertilizer use efficiency for important vegetable crops in highland area. Final Report. Highland Research and Development Institute (Public Organization), Chiang Mai. 144 p. (in Thai)

Sanz-Cobena, A., L. Sánchez-Martín, L. García-Torres and A. Vallejo. 2012. Gaseous emissions of $N_2O$ and NO and $NO_3^-$ leaching from urea applied with urease and nitrification inhibitors to a maize (*Zea mays*) crop. Agriculture, Ecosystems and Environment 149: 64-73.

Sayed, R.M. 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. Australian Journal of Basic and Applied Science (5): 1503-1509.

Shutsrirung, A. 2008. Soil Fertility. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. 253 p. (in Thai)

Siringam, K. 2014. Effect of potassium on physiological responses of lettuce (*Lactuca sativa* var. Romana) cultivated in hydroponic system. Journal of Science and Technology 9(1): 16-32. (in Thai)

Sittigul, C., C. Santasup, U. Chattrakun and A. Chomphupoung. 2005. Development project for quality vegetable production and technology transfer for chemical free vegetable cultivation in net house. Final Report. Thailand Research Fund. Chiang Mai. 81 p. (in Thai)

Siwasin, N. 1984. Manual for Laboratory Analysis of Soil, Plant and Fertilizer. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. 138 p. (in Thai)

Solaiman, Z.M., H. Yang, D. Archdeacon, O. Tippett, M. Tibi and A.S. Whiteley. 2019. Humus-rich compost increases lettuce growth, nutrient uptake, mycorrhizal colonisation, and soil fertility. Pedosphere 29(2): 170-179.

Soundy, P., D.J. Cantliffe, G.J. Hochmuth and P.J. Stoffella. 2001. Nutrient requirements for lettuce transplants using a floatation irrigation system II. Potassium. HortScience 36(6): 1071-1074.

Sruamsiri, P. 2011. Mineral Nutrient in Horticultural Crop Production. Wanida Printing Ltd., Chiang Mai. 341 p. (in Thai)

Stefanelli, D., S. Winkler and R. Jones. 2011. Reduced nitrogen availability during growth improves quality in red oak lettuce leaves by minimizing nitrate content, and increasing antioxidant capacity and leaf mineral content. Journals of Agricultural Sciences 2(4): 477-486.

Suwanwong, S. 2001. Plant Nutrient Analysis. Kasetsart University, Bangkok. 141 p. (in Thai)

Sylvestre, T.de.B., L.B. Braos, F.B. Filho, M.C.P. da Cruz and M.E. Ferreira. 2019. Mineral nitrogen fertilization effects on lettuce crop yield and nitrogen leaching. Scientia Horticulturae 255: 153-160.

Tempesta, M., G. Gianquinto, M. Hauser and M. Tagliavini. 2019. Optimization of nitrogen nutrition of cauliflower intercropped with clover and in rotation with lettuce. Scientia Horticulturae 246: 734-740.

Visitpanich, J., C. Sitigul, C. Santasup, I. Nuntagij and A. Chomphupoug. 2006. Project develop quality vegetable production and transfer of technology to grow organic vegetables in net house. Final Report. The Thailand Research Fund, Bangkok. 103 p. (in Thai)