วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.3) September – December 2021 บทความวิจัย

ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและมูลวัวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีแดงและดินร่วนทราย

Effects of Fertilizers on Growth, Yield and Curcuminoid Content of Turmeric (*Curcuma longa* L.) Cultivated in Red Clay Loam and Sandy Loam Soil

อนัสรูล บากา, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี และ จำเป็น อ่อนทอง*

Anasrul Baka, Chakkrit Poonpakdee, Khwunta Khawmee and Jumpen Onthong*

สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University

Received : December 2020
Revised : 31 January 2021
Accepted : 8 March 2021

บทคัดย่อ

ดินและปุ๋ยเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้น จึงได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีและมูลวัวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชัน โดยปลูกในดินร่วนเหนียวสีแดงที่เก็บจากสุราษฎร์ธานีและรัตภูมิและดินร่วนทรายที่มีการใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน ผลการศึกษา พบว่า ขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีแดงมีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์สูงกว่าดินร่วนทราย เมื่อมีการใส่ปุ๋ยส่งผลให้มีการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่า ขมิ้นชันที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีแดงรัตภูมิมีผลผลิตน้ำหนักแห้ง (55.42 กรัม) และสารเคอร์คูมินอยด์ (10.52%) สูงสุด โดยมีค่าใกล้เคียงกับการใส่มูลวัวในอัตราสูง (8 ตัน/ไร่) ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีแดงสุราษฎร์ธานี นอกจากนั้น การใส่มูลวัวช่วยให้สมบัติทางกายภาพและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น การใช้มูลวัวในอัตราที่สูงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการผลิตขมิ้นให้มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ปุ๋ย ; ดิน ; เคอร์คูมินอยด์ ; ขมิ้นชัน

Abstract

Soils and fertilizers are important factors affecting growth, yield and quality of turmeric. The influence of chemical fertilizers and cow manure was evaluated on growth, yield and curcuminoid of turmeric cultivated in Suratthani and Rattaphum red clay loam soil and Phatthalung sandy loam soil under different fertilizers. Turmeric without fertilizer cultivated in red clay loam soil displayed higher yield and curcuminoid compared with sandy loam soil. Growth, yield and curcuminoid of turmeric increased when fertilizer was applied, application of chemical fertilizers combined with cow manure grown in red clay loam soil produced highest dry weight (55.42g) and curcuminoid (10.52%) close to application of cow manure at high rate (8 tons/rai) cultivated in Suratthani red clay loam soil. Moreover, cow manure improved physical and chemical properties of soil. Therefore, high rate of cow manure can be used as a source of plant nutrients for turmeric cultivation.

Keywords : fertilizers ; soils ; curcuminoid ; turmeric

***Corresponding author. E-mail** : jumpen.o@psu.ac.th

บทนำ

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นพืชเครื่องเทศที่มีความสำคัญในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านการแพทย์ (Sanghamithre, 2014) เนื่องจากมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์เป็นยาหลายชนิดโดยเฉพาะสารกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoid) ที่มีสมบัติออกฤทธิ์ต้านโรคต่าง ๆ เช่น ต้านมะเร็ง (Mahmood *et al.,* 2015) ลดความดันโลหิต (Ghosh *et al.,* 2015) และลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด (Prasad *et al.,* 2014) เป็นต้น ขมิ้นชันมีถิ่นกำเนิดในประเทศแถบเอเชียใต้โดยเฉพาะประเทศอินเดีย บังกลาเทศ และประเทศไทย (Ravindran *et al.,* 2007) สำหรับประเทศไทยมีแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Department of Agriculture, 2019) ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกในดินสีแดง (Onthong *et al.,* 2019) มีรายงานว่า ขมิ้นชันที่ปลูกจากแหล่งปลูกดังกล่าวมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ 12% (w/w) ซึ่งสูงมากเมื่อเทียบกับขมิ้นชันที่ปลูกจากแหล่งปลูกอื่น ๆ ที่มีสารดังกล่าวเฉลี่ยเพียง 6% (w/w) (Pothitirat & Gritsanapan, 2006) โดยขมิ้นชันที่ดีต้องมีสารเคอร์คูมินอยด์ไม่ต่ำกว่า 5% (w/w) (Thai Herbal Pharmacopoeia, 2018) ความต้องการอุปโภคและบริโภคขมิ้นชันยังคงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ (Bureau of Agricultural Commodities Promotion & Management, 2014) เนื่องจากการจัดการการผลิตที่ไม่เหมาะสม ในการผลิตขมิ้นให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีต้องมีปัจจัยในการผลิตที่เหมาะสม โดยเฉพาะปัจจัยด้านธาตุอาหารและการใช้ปุ๋ย (Verma *et al.,* 2019) มีรายงานว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งขมิ้นชัน 5.5 ตัน/เฮกตาร์ ใช้ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ประมาณ 91, 17 และ 245 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ (Sadanandan *et al.,* 1998) ในการปลูกขมิ้นจึงต้องใส่ปุ๋ยให้เพียงพอ สำหรับประเทศไทย กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0, 15-15-15 และ 13-13-21 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อขมิ้นชันอายุ 3, 5 และ 7 เดือน ตามลำดับ (Department of Agriculture, 2019)

อย่างไรก็ตาม ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ (Land Development Department, 2015) จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ภาคใต้ของประเทศไทยนับเป็นพื้นที่ที่มีการทำปศุสัตว์อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะการเลี้ยงวัว (Satchaphan & Jusawas, 2014) ในปี พ.ศ. 2562 พบว่า ในภาคใต้มีการเลี้ยงวัวจำนวน 914,668 ตัว (Department of Livestock Development, 2019) โดยมูลวัวมีธาตุอาหารหลัก รอง และจุลธาตุเป็นองค์ประกอบ (Bureau of Animal Nutrition Development, 2010) สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารในการปลูกขมิ้นชันได้ (Duruigbo *et al.,* 2013) การเพิ่มธาตุอาหารทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีและอินทรีย์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต ผลผลิต (Kamal & Yousuf, 2012) และสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น (Sanwal *et al.,* 2007) ดังนั้น จึงสนใจศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีและมูลวัวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีแดงสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบกับดินร่วนเหนียวสีแดงรัตภูมิและดินร่วนทราย เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตขมิ้นชันให้มีผลผลิตและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่เพิ่มขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บดินร่วนเหนียวสีแดงสุราษฎร์ธานีจากแหล่งปลูกขมิ้นอำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดินร่วนเหนียวสีแดงรัตภูมิจากอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา และดินร่วนทรายจากจังหวัดพัทลุง ซึ่งเป็นดินที่พบทั่วไปในภาคใต้ (Land Development Department, 2017) ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จากผิวดิน นำดินมาผึ่งแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2

เซนติเมตร สำหรับใช้ปลูกขมิ้นชัน จากนั้นสุ่มไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ความจุความชื้นสนาม (Blake & Hartge, 1986) พีเอชของดิน (1:5 Soil:Water) สภาพนำไฟฟ้า (1:5 Soil:Water) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II method) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยใช้แอมโมเนียมอะซิเตท (NH_4OAc) 1 โมลาร์ พีเอช 7.0 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.5 มิลลิเมตร สำหรับวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน (Walkley & Black method) (Onthong & Poonpakdee, 2019)

การวางแผนการทดลองและสิ่งทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 11 สิ่งทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1) ดินร่วนเหนียวสีแดงสุราษฎร์ธานี (SRS) 2) SRS+มูลวัว (CM) อัตรา 8 ตัน/ไร่ (537.28 กรัม/เข่ง) 3) SRS+ปุ๋ยเคมี (CF) 4) SRS+CF+CM อัตรา 4 ตัน/ไร่ (268.64 กรัม/เข่ง) 5) ดินร่วนทรายพัทลุง (PLS) 6) PLS+CM อัตรา 8 ตัน/ไร่ 7) PLS+CF 8) PLS+CF+CM อัตรา 4 ตัน/ไร่ 9) PLS+CF+แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4.2H_2O$) อัตรา 42 กรัม+แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$) 242 กรัม/เข่ง (เพื่อปรับแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินให้ใกล้เคียงกับดินร่วนเหนียวสีแดงสุราษฎร์ธานี) 10) ดินร่วนเหนียวสีแดงรัตภูมิ (RRS) และ 11) RRS+CF+CM อัตรา 4 ตัน/ไร่

ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร เมื่อขมิ้นชันอายุ 3 เดือน (สูตร 46-0-0) 5 เดือน (สูตร 15-15-15) และ 7 เดือน (สูตร 13-13-21) อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ (เทียบได้ 3.36 กรัม/เข่ง) (Department of Agriculture, 2019) สำหรับ $CaSO_4$ และ $MgSO_4$ แบ่งใส่จำนวน 4 ครั้ง เมื่ออายุ 3, 4, 5 และ 6 เดือนหลังปลูก ส่วนมูลวัวที่ใช้ศึกษามีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด 1.11, 0.78, 0.83, 0.35 และ 0.57% ตามลำดับ

การปลูก การดูแลรักษา และการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชัน

นำดินมาผสมกับมูลวัวตามที่ระบุในแต่ละสิ่งทดลอง คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วบรรจุใส่เข่งพลาสติก ปลูกขมิ้นชันพันธุ์แดงสยามจำนวน 1 แง่ง/เข่ง โดยใช้ท่อนพันธุ์น้ำหนัก 8-10 กรัม เมื่อขมิ้นชันอายุ 3 และ 6 เดือน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น (เซนติเมตร) โดยวัดจากระดับผิวดินจนถึงปลายใบส่วนที่สูงที่สุด เส้นรอบวงลำต้น (มิลลิเมตร) วัดสูงจากผิวดิน 10 เซนติเมตร และจำนวนใบ (ใบ/ต้น) เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อขมิ้นชันอายุ 8 เดือน บันทึกน้ำหนักผลผลิตโดยชั่งน้ำหนักสด และอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อใช้ชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นจึงนำไปบดเพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารและสารเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชัน นอกจากนั้น เก็บตัวอย่างดินหลังปลูกเพื่อวิเคราะห์พีเอช สภาพนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (Onthong & Poonpakdee, 2019) ความหนาแน่นรวมของดิน และความจุความชื้นสนาม (Blake & Hartge, 1986)

การวิเคราะห์ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน

วิเคราะห์ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด นำไปย่อยด้วยกรดกำมะถัน (Kjeldhal method) แล้วจึงนำไปกลั่นและไทเทรต และนำตัวอย่างไปย่อยด้วยกรดผสมไนทริก-เพอร์คลอริก (HNO_3-$HClO_4$) (3:1 v/v) (Onthong & Poonpakdee, 2019) เพื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Yellow Molybdovanadophosphoric Acid method) โพแทสเซียมทั้งหมด (Atomic Emission Spectrophotometry) และแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมด (Atomic Absorption Spectrophotometry) (Onthong & Poonpakdee, 2019) คำนวณเป็นปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารจากความเข้มข้นธาตุอาหารและผลผลิตน้ำหนักแห้งเหง้าขมิ้นชัน

การวิเคราะห์สารเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชัน

เตรียมตัวอย่างขมิ้นชันโดยหั่นเหง้าขมิ้นชันเป็นแผ่นบาง ๆ อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดให้ละเอียด ชั่งผงขมิ้นชันหนัก 0.7500 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติม Tetrahydrofuran ความเข้มข้น 95% (v/v) 25 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยง 10 นาที (1,159 G-force) กรองด้วยกระดาษกรองขนาดเบอร์ 5 เจือจางตัวอย่าง 1,000 เท่า นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน (Curcumin standard) ที่ความเข้มข้น 0, 0.8, 1.6, 2.4, 3.2 และ 4.8 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แล้วคำนวนหาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ โดยนำไปคูณด้วย 1.298 (Thai Herbal Pharmacopeia, 2018)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

สมบัติดินก่อนการทดลอง

ดินแดงสุราษฎร์ธานีและรัตภูมิมีความหนาแน่นรวม อินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าดินร่วนทรายพัทลุง แต่มีพีเอชและความจุความชื้นสนามสูงกว่า นอกจากนั้น ดินแดงทั้ง 2 ชนิด มีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงกว่าดินร่วนทรายพัทลุง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินก่อนการทดลอง

Treatment	Bulk density (g/cm^3)	Field capacity (%)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Avail.P (mg/kg)	Extr.K (mg/kg)	Extr.Ca (mg/kg)	Extr.Mg (mg/kg)
Suratthani red clay loam soil	1.02 c	42.58 a	6.52 a	0.26 a	13.32 b	7.21 b	33.84 c	4342.95 a	355.56 a
Rattaphum red clay loam soil	1.13 b	25.17 b	5.68 b	0.12 b	5.16 c	2.49 c	59.29 a	1882.41 b	52.35 b
Phatthalung loamy sand soil	1.25 a	23.95 b	4.90 c	0.13 b	15.87 a	13.98 a	47.03 b	172.24 c	34.84 c
F-Test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	2.79	5.24	2.71	6.25	6.80	14.21	7.67	5.01	2.62

หมายเหตุ : ** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การเจริญเติบโตขมิ้นชัน

ขมิ้นชันที่ปลูกในดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย เมื่ออายุ 3 เดือน พบว่า ขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายมีความสูงต้น เส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบสูงกว่าที่ปลูกในดินแดงทั้ง 2 ชนิด (ตารางที่ 2) ในขณะที่ขมิ้นชันอายุ 6 เดือน พบว่า ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิมีการเจริญเติบโตดีใกล้เคียงกับการปลูกในดินร่วนทราย (ตารางที่ 2) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยส่งผลให้ขมิ้นชันมีการ

เจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงสุราษฎร์ธานีที่ใส่มูลวัวมีการเจริญเติบโตดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวและปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 1) ส่วนขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวมีการเจริญเติบโตดีที่สุด สำหรับขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทราย พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวทำให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโตลดลง (ภาพที่ 1) แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการเติมแคลเซียมและแมกนีเซียมส่งผลให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

น้ำหนักผลผลิตและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชัน

ขมิ้นชันมีน้ำหนักผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ย โดยเฉพาะที่ปลูกในดินแดงสุราษฎร์ธานีที่ใส่มูลวัวโดยมีผลผลิตน้ำหนักแห้ง (46.86 กรัม) และสารเคอร์คูมินอยด์สูง (9.48%) เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่ส่งผลให้มีน้ำหนักผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) ในขณะที่ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัว มีผลผลิตน้ำหนักแห้ง (55.42 กรัม) และสารเคอร์คูมินอยด์สูงสุด (10.52%) (ตารางที่ 3) ส่วนขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีผลผลิตน้ำหนักแห้ง (1.02 กรัม) และสารเคอร์คูมินอยด์ต่ำ (5.47%) (ตารางที่ 3) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการเติมแคลเซียมและแมกนีเซียม ส่งผลให้มีน้ำหนักผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ผลของการใช้ปุ๋ยต่อความสูงต้น เส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบขมิ้นชันอายุ 3 และ 6 เดือน

Treatment	Three months after planting			Six months after planting		
	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf no. (leaves/pot)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf no. (leaves/pot)
Suratthani red clay loam soil (SRS)	25.12 e	6.00 c	2.75 d	37.11 d	15.53 b	3.00 b
Rattaphum red clay loam soil (RRS)	39.99 abcd	7.68 abc	4.00 abcd	56.97 abcd	15.45 b	4.00 b
Phatthalung loamy sand soil (PLS)	43.47 abc	8.42 ab	5.00 abc	51.56 bcd	15.45 b	3.75 b
SRS+Cow manure (CM)	42.00 abc	7.12 abc	3.50 cd	77.23 a	15.44 b	4.00 b
SRS+Chemical fertilizer (CF)	31.44 cde	7.99 abc	5.25 ab	65.56 ab	14.83 b	5.00 ab
SRS+CM+CF	28.73 de	7.18 abc	5.67 a	70.55 ab	16.19 b	7.67 a
RRS+CM+CF	48.77 a	9.02 ab	4.75 abc	70.65 ab	27.30 a	7.50 a
PLS+CM	39.53 abcd	9.24 ab	5.25 ab	70.72 ab	20.56 ab	4.50 b
PLS+CF	33.49 bcde	6.99 bc	3.75 bcd	41.49 cd	13.12 b	5.50 ab
PLS+CF+CM	39.74 abcd	8.38 ab	4.25 abcd	50.79 bcd	14.11 b	4.00 b
PLS+CF+$CaSO_4$+$MgSO_4$	45.72 ab	9.44 a	4.25 abcd	61.79 abc	20.42 ab	4.00 b
F-Test	**	*	**	**	**	**
C.V. (%)	15.65	17.30	17.58	16.74	19.71	27.49

หมายเหตุ : *,** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 และ P<0.01 ตามลำดับ ตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดินร่วนเหนียวสีแดงสุราษฎร์ธานี (A) ดินร่วนเหนียวสีแดงรัตภูมิ (B) ดินร่วนทรายพัทลุง (C)

ภาพที่ 1 ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชันอายุ 6 เดือนที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีแดงสุราษฎร์ธานี (A) ดินร่วนเหนียวสีแดงรัตภูมิ (B) และดินร่วนทรายพัทลุง (C)

ตารางที่ 3 ผลของการใช้ปุ๋ยต่อน้ำหนักผลผลิตและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันอายุ 8 เดือน

Treatment	Rhizome fresh weight (g)	Rhizome dry weight (g)	Curcuminoid (%)
Suratthani red clay loam soil (SRS)	20.55 de	4.64 ef	7.24 bcde
Rattaphum red clay loam soil (RRS)	60.11 cde	12.38 def	7.41 bcde
Phatthalung loamy sand soil (PLS)	7.27 e	1.66 ef	6.60 cde
SRS+Cow manure (CM)	262.56 a	46.86 ab	9.48 ab
SRS+Chemical fertilizer (CF)	97.38 cd	18.77 cde	7.72 bcd
SRS+CM+CF	176.71 b	29.93 c	8.97 abc
RRS+CM+CF	292.35 a	55.42 a	10.52 a
PLS+CM	180.41 b	33.99 bc	8.32 abc
PLS+CF	3.71 e	1.02 f	5.47 de
PLS+CF+CM	15.89 e	3.21 ef	5.24 e
PLS+CF+$CaSO_4$+$MgSO_4$	104.50 bc	24.45 cd	8.53 abc
F-Test	**	**	**
C.V. (%)	40.53	44.13	17.55

หมายเหตุ : ** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01 ตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน

ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงสุราษฎร์ธานีและรัตภูมิที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีความเข้มข้นธาตุอาหารส่วนใหญ่สูงกว่าดินร่วนทราย ยกเว้นไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีค่าต่ำ (ตารางที่ 4) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโดยเฉพาะการใส่มูลวัวทำให้ขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายมีความเข้มข้นไนโตรเจน (22.42 กรัม/กิโลกรัม) ฟอสฟอรัส (3.11 กรัม/กิโลกรัม) โพแทสเซียม (31.15 กรัม/กิโลกรัม) แคลเซียม (1.34 กรัม/กิโลกรัม) และแมกนีเซียม (2.12 กรัม/กิโลกรัม) เพิ่มขึ้นชัดเจน เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัว ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ความเข้มข้นธาตุอาหารลดลง ในขณะที่ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวมีความเข้มข้นธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของการใช้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน

Treatment	Nutrient concentration (g/kg)				
	Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg
Suratthani red clay loam soil (SRS)	17.86 bc	3.27 a	24.07 cd	1.58 ab	3.46 a
Rattaphum red clay loam soil (RRS)	6.68 f	1.68 c	25.68 bcd	1.53 ab	1.35 e
Phatthalung loamy sand soil (PLS)	11.55 de	2.44 b	25.46 bcd	0.92 e	1.39 de
SRS+Cow manure (CM)	13.78 d	2.93 ab	30.07 abc	1.61 ab	2.56 b
SRS+Chemical fertilizer (CF)	15.15 cd	3.00 ab	30.26 abc	1.72 a	2.67 b
SRS+CM+CF	13.94 d	3.01 ab	32.52 a	1.40 abc	2.18 bc
RRS+CM+CF	14.36 cd	2.53 ab	26.59 abcd	1.49 ab	2.19 bc
PLS+CM	22.42 a	3.11 ab	31.15 ab	1.34 bcd	2.12 bcd
PLS+CF	9.12 ef	1.39 c	24.23 cd	0.90 e	1.35 e
PLS+CF+CM	19.54 ab	2.70 ab	24.93 bcd	1.02 de	1.73 cde
PLS+CF+$CaSO_4$+$MgSO_4$	11.56 de	2.49 b	22.28 d	1.07 cde	1.78 cde
F-Test	**	**	*	**	**
C.V. (%)	10.82	11.57	13.50	11.52	15.53

หมายเหตุ : *,** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 และ P<0.01 ตามลำดับ ตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ขมิ้นชันมีการดูดใช้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ย โดยเฉพาะการใส่มูลวัวในดินแดงสุราษฎร์ธานีมีการดูดใช้โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกับขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวที่มีการดูดใช้ธาตุอาหารในเหง้าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในขณะที่ขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายที่ใส่

มูลวัว พบว่า มีการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชันได้ต่ำ โดยเฉพาะแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีการดูดใช้เพียง 0.91 และ 1.38 มิลลิกรัม/เข่ง ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการเติมแคลเซียมและแมกนีเซียมส่งผลให้ขมิ้นชันมีการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการดูดใช้ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน

Treatment	Nutrient uptake (mg/pot)				
	N	P	K	Ca	Mg
Suratthani red clay loam soil (SRS)	82.88 cd	15.17 e	558.35 d	7.33 f	16.06 d
Rattaphum red clay loam soil (RRS)	82.96 cd	17.18 e	1588.75 cd	18.55 e	14.80 d
Phatthalung loamy sand soil (PLS)	21.79 d	3.86 e	210.65 d	1.52 f	2.30 d
SRS+Cow manure (CM)	645.76 a	131.37 a	7044.96 a	75.28 a	119.88 a
SRS+Chemical fertilizer (CF)	273.24 bc	55.56 d	2796.22 c	32.10 cd	51.18 bc
SRS+CM+CF	417.12 b	83.40 c	4865.51 b	41.82 bc	65.40 bc
RRS+CM+CF	670.66 a	140.31 a	7368.15 a	82.51 a	121.60 a
PLS+CM	630.72 a	105.80 b	5810.09 ab	45.38 b	71.91 b
PLS+CF	9.26 d	1.41 e	122.94 d	0.91 f	1.38 d
PLS+CF+CM	62.73 cd	8.67 e	449.46 d	3.27 f	5.56 d
PLS+CF+$CaSO_4$+$MgSO_4$	300.78 b	60.97 d	2723.59 c	26.17 de	43.39 c
F-Test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	29.44	13.98	21.77	14.77	23.67

หมายเหตุ : ** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01 ตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมบัติดินหลังการทดลอง

ดินแดงสุราษฎร์ธานีและรัตภูมิที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีความหนาแน่นรวม อินทรียวัตถุในดิน และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าดินร่วนทราย แต่มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงกว่า เช่นเดียวกับดินก่อนการทดลอง (ตารางที่ 6) การใส่ปุ๋ยส่งผลให้มีปริมาณมีอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายที่ใส่มูลวัว ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นชัดเจน โดยมีค่า 204.85 และ 58.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมเท่ากับ 125.12 และ 26.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินหลังการทดลอง

Treatment	Bulk density	Field capacity	pH	EC	OM	Avail.P	Extr.K	Extr.Ca	Extr.Mg
	(g/cm^3)	(%)	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Suratthani red clay loam soil (SRS)	0.89 e	46.43 b	8.31 a	0.07 f	10.27 d	4.96 f	38.95 e	3390.93 a	239.27 b
Rattaphum red clay loam soil (RRS)	0.97 d	31.95 d	7.63 c	0.03 h	5.10 f	3.67 f	84.43 b	1567.35 c	43.64 g
Phatthalung loamy sand soil (PLS)	1.06 ab	33.76 cd	4.71 ef	0.09 e	13.09 bc	23.91 b	74.22 c	125.12 fg	26.15 h
SRS+Cow manure (CM)	0.81 f	48.93 ab	8.20 b	0.17 b	12.59 c	9.72 e	36.77 e	3304.73 a	252.71 a
SRS+Chemical fertilizer (CF)	0.84 f	48.33 ab	8.35 a	0.08 ef	9.87 d	10.04 e	48.45 d	3302.10 a	218.10 d
SRS+CM+CF	0.81 f	50.52 a	8.20 b	0.15 c	12.51 c	17.27 d	98.19 a	3172.05 b	230.97 c
RRS+CM+CF	0.96 d	46.24 b	7.36 d	0.05 g	6.81 e	4.83 f	85.00 b	1420.36 d	60.61 e
PLS+CM	1.00 cd	34.66 cd	4.69 f	0.11 d	17.28 a	22.84 bc	76.06 c	204.85 f	58.01 ef
PLS+CF	1.09 a	33.32 cd	4.76 e	0.08 ef	12.46 c	21.14 c	97.82 a	70.55 g	13.70 i
PLS+CF+CM	0.97 d	35.59 c	4.69 f	0.15 c	16.84 a	53.14 a	16.90 f	212.58 f	57.68 ef
PLS+CF+$CaSO_4$+$MgSO_4$	1.04 bc	32.12 cd	4.51 g	0.30 a	13.58 b	21.08 c	49.15 d	530.99 e	51.27 fg
F-Test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	2.16	4.13	0.43	4.27	3.16	6.80	3.40	3.06	3.52

หมายเหตุ : ** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01 ตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิจารณ์ผลการวิจัย

<u>การเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงและดินร่วนทราย</u>

ขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายที่อายุ 3 เดือนหลังปลูกมีความสูงต้น เส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบ มากกว่าดินแดง (ตารางที่ 2) เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุ (15.87 กรัม/กิโลกรัม) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูก (13.98 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สูงกว่าดินแดงทั้ง 2 ชนิด (ตารางที่ 1) โดยเฉพาะอินทรียวัตถุที่มีธาตุอาหารหลัก รอง และจุลธาตุเป็นองค์ประกอบ (Bureau of Animal Nutrition Development, 2010) ซึ่งอาจเป็นแหล่งธาตุอาหารระยะเริ่มแรกในปริมาณเพียงพอที่ทำให้ขมิ้นชันสามารถเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนั้น อินทรียวัตถุยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของดินให้ดีขึ้น (Land Development Department, 2017) จึงส่งผลให้ขมิ้นที่ปลูกในดินร่วนทรายมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า (ตารางที่ 2)

เมื่อขมิ้นชันอายุ 6 เดือน พบว่า ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับที่ปลูกในดินร่วนทรายที่ในระยะหลังอาจมีแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่เพียงพอ แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการเติมแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินดังกล่าวทำให้มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) โดยแคลเซียมมีบทบาทเกี่ยวข้องในการแบ่งเซลล์และการยืดขยายตัวของเซลล์ ในขณะที่แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างคลอโรฟิลล์ (Osotsapar, 2015) จึงส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น (ตารางที่ 2)

ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงสุราษฎร์ธานีและรัตภูมิมีน้ำหนักผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์สูงกว่าดินร่วนทราย โดยเฉพาะขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิที่มีผลผลิตน้ำหนักแห้ง (12.38 กรัม) และสารเคอร์คูมินอยด์ (7.41%) สูงสุด ส่วนขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายมีผลผลิตน้ำหนักแห้งและสารเคอร์คูมินอยด์เพียง 1.66 กรัม และ 6.60% (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับ Hossain และ Ishimine (2005) ที่พบว่า ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงมีผลผลิตและสารเคอร์คูมินสูงกว่าดินร่วนทราย จากการทดลองนี้ ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิมีโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินก่อนปลูกสูงกว่า (ตารางที่ 1) และมีแคลเซียมและแมกนีเซียมเพียงพอ ทำให้มีความเข้มข้น (ตารางที่ 4) และการดูดใช้โพแทสเซียมสูงกว่า (ตารางที่ 5) ส่งผลให้มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์มากกว่า (ตารางที่ 3)

การใช้ปุ๋ยเคมีและมูลวัวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชัน

การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต น้ำหนักผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น ยกเว้นในดินร่วนทราย สอดคล้องกับการศึกษาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ที่ส่งผลให้ขมิ้นชันมีความสูงต้น จำนวนใบ น้ำหนักผลผลิต และสารเคอร์คูมินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเชิงเดี่ยว (Akamine *et al.*, 2007) อาจเกิดจากการตอบสนองต่อไนโตรเจน ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบ การสร้างโปรตีนและคลอโรฟิลล์ (Osotsapa, 2015; Singh, 2016) ในขณะที่ฟอสฟอรัสช่วยในการพัฒนารากและดูดซับโพแทสเซียม (Barker & Pilbeam, 2015) ส่วนโพแทสเซียมมีส่วนช่วยในการสร้างและเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต (Nair, 2019) รวมทั้งพัฒนาเหง้าขมิ้น (Ojikpong, 2018) ส่งผลให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต (ตารางที่ 2) ผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3)

การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต น้ำหนักผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวและมูลวัวเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทราย มีผลผลิตน้ำหนักแห้ง (1.02 กรัม) และสารเคอร์คูมินอยด์ (5.47%) ลดลง เมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยที่มีผลผลิตน้ำหนักแห้ง 1.66 กรัม และสารเคอร์คูมินอยด์ 6.60% (ตารางที่ 3) จากการทดลองนี้ ดินดังกล่าวมีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินก่อนปลูกต่ำ (ตารางที่ 1) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโดยเฉพาะปุ๋ยเคมี ซึ่งมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ ยิ่งทำให้มีการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมจนอาจไม่เพียงพอ (ตารางที่ 5) ส่งผลให้มีผลผลิตน้ำหนักแห้งและสารเคอร์คูมินอยด์ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยอื่น ๆ (ตารางที่ 3)

นอกจากนั้น อาจเกิดจากการใส่ปุ๋ยเคมีที่ทำให้ดินมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและมีความจุความชื้นสนามลดลง (ตารางที่ 6) ทำให้ขมิ้นชันดูดใช้ธาตุอาหารได้น้อยโดยเฉพาะโพแทสเซียมที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสร้างหัวขมิ้นชัน (Department of Agricultural Extension, 2017) หรืออาจเกิดจากการที่โพแทสเซียมเกิดการไล่ที่แคลเซียมและแมกนีเซียม เนื่องจากโพแทสเซียมมีภาวะปฏิปักษ์ต่อการดูดแคลเซียมและแมกนีเซียม (Osotsapa, 2015) ทำให้ดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ลดลง (ตารางที่ 6) มีการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมได้น้อย (ตารางที่ 5) ส่งผลให้ขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายซึ่งมีทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำมีการเจริญเติบโต (ตารางที่ 2) ผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์ลดลง (ตารางที่ 3)

ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีที่มีการเติมแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ปลูกในดินร่วนทรายซึ่งเป็นดินที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ (ตารางที่ 1) ทำให้มีความเข้มข้น (ตารางที่ 4) และการดูดใช้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) ส่งผลให้ขมิ้นชันมีผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) การปลูกขมิ้นชันในดินแดงสุราษฎร์ธานีและรัตภูมิ ซึ่งมีการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมสูงทำให้มีผลผลิตสูงกว่าดินร่วนทราย (ตารางที่ 3) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับบทบาทของแคลเซียมที่ช่วยในการ

เคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตและสารอาหาร (Osotsapa, 2015) ทำให้ขมิ้นชันมีน้ำหนักผลผลิตที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการใช้แคลเซียมในมันฝรั่ง ที่พบว่า แคลเซียมส่งผลให้มันฝรั่งมีขนาดหัวและผลผลิตเพิ่มขึ้น (Simmons & Kelling, 1987)

ในขณะที่แมกนีเซียมมีส่วนช่วยในการสร้างและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากแหล่งผลิตไปยังแหล่งสะสม ทำให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโตของเหง้าที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Cakmak & Kirkby, 2008) และยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Osotsapa, 2015) ทำให้มีความเข้มข้น (ตารางที่ 4) และการดูดใช้ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชันเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) ส่งผลให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต (ตารางที่ 2) และน้ำหนักเหง้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการรายงาน ที่พบว่า การใส่แคลเซียมในระยะที่มีการสร้างหัวช่วยให้ต้นเปราะหอมมีการพัฒนาส่วนเหง้ามากขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ใส่ (Gangadharan, 2003)

การใส่มูลวัวส่งผลให้ขมิ้นชันที่ปลูกในดินทุกชนิดที่นำมาทดลองมีการเจริญเติบโต น้ำหนักผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ (ภาพที่ 1) โดยเฉพาะที่ปลูกในดินแดงสุราษฎร์ธานีซึ่งเป็นดินที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมสูง (ตารางที่ 1) มีการเจริญเติบโต (ตารางที่ 3) ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 4) ในมูลวัวที่ได้ทดลองมีไนโตรเจนทั้งหมด 1.11% ฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.78% โพแทสเซียมทั้งหมด 0.83% แคลเซียมทั้งหมด 0.35% และแมกนีเซียมทั้งหมด 0.57% เป็นองค์ประกอบ จึงเป็นแหล่งธาตุอาหารให้ขมิ้นชัน ทำให้ขมิ้นชันมีความเข้มข้น (ตารางที่ 4) และการดูดใช้ธาตุอาหารดังกล่าวได้มากขึ้น (ตารางที่ 5) ส่งผลให้มีการเจริญเติบโต (ตารางที่ 2) ผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการรายงานที่ว่า การใส่มูลวัวส่งผลให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ใส่ (Hossain & Ishimine, 2005)

การใส่มูลวัวทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง รวมทั้งมีความจุความชื้นสนามเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) อาจส่งเสริมให้รากมีการเจริญเติบโตดีขึ้น ทำให้ขมิ้นชันมีการดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมากขึ้น (ตารางที่ 5) ส่งผลให้มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับ Singh และคณะ (1995) ที่พบว่าเมื่อมีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มากขึ้น ทำให้ขมิ้นชันมีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น

ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวส่งผลให้มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มสูงขึ้นชัดเจน โดยเฉพาะขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงรัตภูมิ มีผลผลิตน้ำหนักแห้งและสารเคอร์คูมินอยด์สูงสุด (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับรายงานที่ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวทำให้ขมิ้นชันมีน้ำหนักผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์สูงสุด (Kulpapangkorn & Mai-leang, 2012) ซึ่งอาจเกิดจากการที่ขมิ้นชันได้รับธาตุอาหารทั้งจากปุ๋ยเคมีและมูลวัว โดยเฉพาะโพแทสเซียมซึ่งเกี่ยวข้องในการสร้างหัวและสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันโดยตรง (Akamine *et al.,* 2007) นอกจากนั้น ดินแดงรัตภูมิมีแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินก่อนปลูก ซึ่งเป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการสูง โดยอาจมีในปริมาณที่เพียงพอ (ตารางที่ 1) ส่งเสริมให้ขมิ้นชันเจริญเติบโตได้ดี เป็นผลให้ขมิ้นชันที่ปลูกในดินดังกล่าวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวมีน้ำหนักผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์สูงสุด (ตารางที่ 3)

<u>แนวทางการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพขมิ้นชัน</u>

ดินในพื้นที่ภาคใต้ส่วนใหญ่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ (Land Development Department, 2015) อีกทั้งมีแมกนีเซียมที่สกัดได้ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (Kungpisdan *et al.,* 2013 ; Kitprasong, 2020) ในการใช้ปุ๋ยจึงต้องใส่ทั้งธาตุอาหารหลักรวมทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียม นอกจากนั้น ดินในภาคใต้ส่วนใหญ่มีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (Land Development Department, 2015) จึงต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์นอกจากเป็น

แหล่งธาตุอาหารหลัก รอง และจุลธาตุแล้ว (Bureau of Animal Nutrition Development, 2010) ยังช่วยให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลงและมีสภาพนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) สอดคล้องกับการรายงานที่พบว่า มูลวัวช่วยส่งเสริมสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีในดิน (Vanek *et al.,* 2003) ทำให้ขมิ้นชันมีความเข้มข้น (ตารางที่ 4) และการดูดใช้ธาตุอาหารมากขึ้น (ตารางที่ 5) ส่งผลให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต (ตารางที่ 2) ผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์สูงขึ้น (ตารางที่ 3)

ขมิ้นชันที่มีการใส่มูลวัวมีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ต้องใส่ในอัตราไม่ต่ำกว่า 8 ตัน/ไร่ จึงทำให้มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เทียบเท่ากับการใช้มูลวัวร่วมกับปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 3) ในขณะที่ขมิ้นชันที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ปลูกในดินร่วนทรายซึ่งมีแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ (ตารางที่ 1) ทำให้มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์ลดลงเมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 3) เมื่อเติมแคลเซียมและแมกนีเซียมส่งผลให้ขมิ้นชันมีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับขมิ้นชันที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ปลูกในดินสีแดงทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเป็นดินที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงอยู่แล้ว (ตารางที่ 1) จึงต้องมีการเติมแคลเซียมและแมกนีเซียม

สรุปผลการวิจัย

ขมิ้นชันที่ปลูกในดินแดงสุราษฎร์ธานีและรัตภูมิ มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์สูงกว่าดินร่วนทราย ทั้งที่ช่วงแรกขมิ้นชันที่ปลูกในดินร่วนทรายมีการเจริญเติบโตดีกว่า การใส่ปุ๋ยทำให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น โดยการใส่มูลวัวทำให้ขมิ้นชันมีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์สูงกว่าปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลวัวและปุ๋ยเคมีอย่างเดียว นอกจากนั้น มูลวัวยังส่งผลให้ดินหลังปลูกมีความหนาแน่นรวมลดลงและมีความจุความชื้นสนาม สภาพนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น การใช้มูลวัวในการปลูกขมิ้นชันควรใช้ในอัตราไม่ต่ำกว่า 8 ตัน/ไร่ จึงทำให้ขมิ้นชันมีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์เทียบเท่ากับการใช้มูลวัวร่วมกับปุ๋ยเคมี ดังนั้นการใช้มูลวัวเป็นแหล่งธาตุอาหารในการปลูกขมิ้นชันจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการผลิตขมิ้นให้มีผลผลิตและสารเคอร์คูมินอยด์ที่เพิ่มขึ้น และควรศึกษาการตอบสนองของขมิ้นต่อมูลวัวและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นโดยปลูกในแปลงปลูกเพื่อหาอัตราที่เหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนจากคณาจารย์สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญตา ขาวมี และ ดร.จักรกฤษณ์ พูนภักดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

Akamine, H., Hossain, A., Ishimine, Y., Yogi, K., Hokama, K., Iraha, Y., & Aniya, Y. (2007). Effects of application of N, P and K alone or in combination on growth, yield and curcumin content of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Plant production science, 10,* 151-154.

Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2015). *Handbook of plant nutrition*. New York: Taylor & francis group.

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods, *American Society of Agronomy, 5*, 363-375.

Bureau of Animal Nutrition Development. (2010). *Utilization of animal manure & wastewater from animal farms.* Retrieved September 11, 2020, from http://nutrition.dld.go.th/nutrition/images/knowledge/ waste1.pdf (in Thai)

Cakmak, I., & Kirkby, E. A. (2008). Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia plantarum, 133*(4), 692-704.

Department of Agricultural Extension. (2017). *Planting and caring for turmeric.* Retrieved January 15, 2020, from http://www.agriman. doae. go.th/ herbal/herbdoae006/khamin%20chan.pdf (in Thai)

Department of Agriculture. (2019). *Turmeric cultivated.* Retrieved January 25, 2019, from http://www.doa.go.th/ share/docs/cultivarhort/suggestcv/turmerictrang1.pdf

Department of Livestock Development. (2019). *Information of livestock in 2019.* Retrieved November 15, 2020, from http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2562/country/1---farmer.pdf

Duruigbo, I., Okereke-Ejiogu, N., Nwokeji, M., Peter-Onoh, A., Ogwudire, E. & Onoh, A. (2013). Integrated remediation strategies for sustaining agrobiodiversity degradation in Africa. *Journal of Agriculture and Veterinary Science, 3,* 16-23.

Gangadharan, H. (2003). *Soil-plant-shade interaction on the productivity of Kacholam (Kaempferia galangal L.)*. Vellanikkara: College of Horticulture.

Ghosh, S., Banerjee, S., & Sil, P. C. (2015). The beneficial role of curcumin on inflammation, diabetes and neurodegenerative disease: A recent update. *Food and Chemical Toxicology, 83,* 111-124.

Hossain, A., Ishimine, Y., Akamine, H., & Motomura, K. (2005). Effects of seed rhizome size on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Plant production science, 8*(1), 86-94.

Hossain, M. A., & Ishimine, Y. (2005). Growth, yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated on dark-red soil, gray soil and red soil in Okinawa, Japan. *Plant Production Science, 8*(4), 482-486.

Hossain, M. A., & Ishimine, Y. (2007). Effects of farmyard manure on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in dark-red soil, red soil and gray soil in Okinawa, Japan. *Plant production science, 10*(1), 146-150.

Kamal, M. Z. U., & Yousuf, M. N. (2012). Effect of organic manures on growth, rhizome yield and quality attributes of turmeric (*Curcuma longa* L.). *The Agriculturists, 10*(1), 16-22.

Kitprasong, P. 2020. *Status of soils Magnesium in Southern Thailand and Development of Soils Magnesium Test Kits*. Songkhla: Prince of Songkla University. (in Thai)

Kulpapangkorn, W., & Mai-Leang, S. (2012). Effect of plant nutrition on turmeric production. *Procedia Engineering, 32,* 166-171. (in Thai)

Kungpisdan, N., Rattanachot, M., Premkrasin, P., Kiewrum, K., Chan-amporn, L. & Thongphu, A. (2013). *Development of Technology on Nutrition Management of Rubber*. Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)

Land Development Department. (2015). *State of Soil and Land Resources of Thailand.* Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand. (in Thai)

Land Development Department. (2017). *Benefits of organic matter in soil.* Retrieved September 11, 2020, from http:// lddmordin.ldd.go.th/web/data/Tank_Soilmanagement/Soil.pdf (in Thai)

Mahmood, K., Zia, K. M., Zuber, M., Salman, M., & Anjum, M. N. (2015). Recent developments in curcumin and curcumin based polymeric materials for biomedical applications: A review. *International journal of biological macromolecules, 81,* 877-890.

Ministry of Public Health. (2018). *Thai Herbal Pharmacopoeia 2018.* Bangkok: Prachachon. (in Thai)

Nair, P. (2013). *The Agronomy & Economy of Turmeric and Ginger.* India: Rallis India Ltd.

Ojikpong, T. O. (2018). Effect of Planting Dates and NPK (15: 15: 15) Fertilizer on the growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* Linn). *International Journal of Agriculture & Environmental Science, 5*(4), 42-46.

Onthong, J. & Poonpakdee, C. (2019). *Plant & Soil Analysis.* Songkhla: Prince of Songkla University. (in Thai)

Onthong, J., Poonpakdee, C., Khawmee, K. & Sopharat, J. (2019). *Survey of Land and Turmeric Cultivation Soils in Southern Region for Information of Turmeric Research Development.* Songkhla: Prince of Songkla University. (in Thai)

Osotsapar, Y. (2015). *Plant nutrients.* Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Pothitirat, W., & Gritsanapan, W. (2006). Variation of bioactive components in Curcuma longa in Thailand. *Current Science, 91,* 1397-1400. (in Thai)

Prasad, S., Gupta, S. C., Tyagi, A. K., & Aggarwal, B. B. (2014). Curcumin, a component of golden spice: from bedside to bench and back. *Biotechnology advances, 32*(6), 1053-1064. (in Thai)

Ravindran, P., Nirmal Babu K. and Sivaraman., K. (2007). *Turmeric The Genus Curcuma*. New York: CRC Press Taylor and Francis Group.

Sadanandan, A. K., Peter, K. V., & Hamza, S. (1998). Soil nutrient and water management for sustainable spices production. In *Proceeding National seminar on water and nutrient management for sustainable production and quality of spices.* (pp. 12-20). Calicut: Kerala State.

Sanghamithre, V K. (2014). *Effect of secondary nutrients on yield and quality of Turmeric (Curcuma longa L.)*. Retrieved September 3, 2020 from http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/5810025978.pdf

Sanwal, S. K., Laxminarayana, K., Yadav, R. K., Rai, N., Yadav, D. S., & Bhuyan, M. (2007). Effect of organic manures on soil fertility, growth, physiology, yield and quality of turmeric. *Indian Journal of Horticulture, 64*(4), 444-449.

Satchaphan, B. & Jusawas U. (2014). *Situation of production and marketing of livestock products in Region 9 in 2008-2014.* Retrieved July 30, 2020, from http:/www.extension.dld.go.th/th1/images/stories/article/ Livestock WorldMarkets2555.pdf (in Thai)

Simmons, K. E., & Kelling, K. A. (1987). Potato responses to calcium application on several soil types. *American Potato Journal, 64*(3), 119-136.

Singh, B. P., & Mishra, H. (1995). Economics of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on turmeric in Andaman. *Spice India, 8,* 12-13.

Singh, M., Khan, M. M. A., & Naeem, M. (2016). Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in Zingiber officinale Rosc. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 15*(2), 171-178.

Vanek, V., J. Silha & Nemecek, R. (2003). The level of soil nitrate content at different management of organic fertilizers application. *Plant Soil Environ, 49,* 197-202.

Verma, P. P. S., Padalia, R. C., Singh, V. R., Kumar, A., & Agri, B. K. (2019). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium levels on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) Under the Katyur valley of western Himalayan region of Uttarakhand. *Journal of Medicinal Plants, 7*(2), 117-122.