อิทธิพลของสมบัติดินและสภาพอากาศต่อการผลิตมะเขือเทศเชอรี่ CH 154

Influence of Soil Properties and Weather Condition on Cherry Tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. CH 154) production

ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ[1*] ปนิตตา จันทร์งาม[1] และกุมุท สังขศิลา[1]

Punyisa Trakoonyingcharoen[1*] Panitta Channgam[1] and Kumut Sangkhasila[1]

Abstract : This research aimed to investigate the influence of soil properties and weather conditions on yield and quality in tomato CH 154. The experiment was carried out at 4 locations in Nakhon Pathom and Suphanburi. The soils can be classified as Bangkhen, Ayuthaya and Kamphangsaen series. Climatic data was collected daily throughout planting period. The chemical properties of the soil sample were analyzed such as, pH, %OM, %N, EC, Avai. P, Exch. K, Extr. Fe, Mn, Cu, and Zn. Yield, concentration of lycopene and total soluble solid were also determined. The result showed that soil properties and tomato quality were significantly different between locations. pH ranged from 4.37-6.64, total nitrogen was very low (< 0.15 %), Avai. P was high to very high, Exch. K was low to medium, EC was lower than 3 dS/m. Most of trace elements were high. Lycopene was 3.30-5.70 mg/100 ml, TSS was 9.23-12.70 ^{o}Brix. Yield was 1.5-4.0 ton/rai but not statistically different between locations. Correlation analysis indicated that quality and quantity of tomato production had no correlation with nitrogen, phosphorus and trace elements. But Exch.K and EC had highly positive correlation with lycopene and TSS with r 0.67 to 0.95. All studied areas had similar average temperature and same min-max temperature. Percentage of days with temperatures above 25 ^{o}C, amount of rainfall, day with rain for Bangkhen series were the least. The factors mentioned above had negatively correlated with lycopene and TSS at r > -0.78 but positive with tomato yield.

Keywords: Soil Properties, Weather Condition, Qualitative Production, Cherry Tomato

[1]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Soil Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom

* Corresponding author : agrpyst@ku.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมบัติดินและสภาพอากาศที่มีผลต่อการผลิตมะเขือเทศเชอรี่ CH 154 ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยเก็บตัวอย่างในจังหวัดนครปฐมและจังหวัดสุพรรณบุรีทั้งหมด 4 แห่ง จำแนกได้ 3 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินบางเขน อยุธยา และกำแพงแสน และรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศเป็นรายวัน เก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์สมบัติทางเคมีได้แก่ pH, %OM, %N, EC, Avai. P, Exch. K, Extr. Fe, Mn, Cu และ Zn รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีน และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid; TSS) ผลการทดลองพบว่าสมบัติดินและสมบัติเชิงคุณภาพของมะเขือเทศมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดดิน โดยมีค่า pH 4.37-6.64 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ต่ำมาก มีค่าน้อยกว่า 0.15 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai. P) สูงถึงสูงมาก โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) มีปริมาณต่ำถึงปานกลาง ค่าการนำไฟฟ้า (EC) น้อยกว่า 3 dS/m จุลธาตุส่วนใหญ่มีปริมาณสูง ปริมาณไลโคปีน 3.30-5.70 mg/100ml TSS มีค่าระหว่าง 9.23-12.70 ^{o}Brix ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่า 1.5-4.0 ton/rai ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าการผลิตเชิงคุณภาพและปริมาณไม่มีความสัมพันธ์กับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุในดิน อย่างไรก็ตามพบว่า Exch. K และ EC มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับไลโคปีนและ TSS ที่ r 0.67 ถึง 0.95 สำหรับปัจจัยสภาพอากาศพบว่าข้อมูลสภาพอากาศตลอดระยะเวลาปลูก มีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดเท่ากัน แต่ร้อยละจำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25 ^{o}C ปริมาณฝนและร้อยละจำนวนวันฝนตกของชุดดินบางเขน มีน้อยกว่าจุดอื่นอย่างเด่นชัด ซึ่งสภาพอากาศดังกล่าว (ร้อยละจำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25 ^{o}C ปริมาณฝนและร้อยละจำนวนวันฝนตก) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับไลโคปีนและ TSS ที่ r มากกว่า -0.78 แต่สัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณผลผลิต

คำสำคัญ: สมบัติดิน, สภาพอากาศ, การผลิตเชิงคุณภาพ, การผลิตเชิงปริมาณ, มะเขือเทศเชอรี่

คำนำ

มะเขือเทศเป็นองค์ประกอบของอาหารหลากชนิด เนื่องจากมีสารอาหารสำคัญในการป้องกันหรือรักษาโรคได้ สารอาหารสำคัญส่วนใหญ่เป็นสารประกอบออกฤทธิ์เชิงชีวภาพ (bioactive compounds) เป็นสารที่ส่งผลต่อการต้านอนุมูลอิสระหรือต้านออกซิเดชัน ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสร้างเองได้ (Helyes *et al*., 2012; Leiva-Brondoa *et al*., 2012) สารแคโรทีนอยด์จัดเป็นสารประกอบออกฤทธิ์เชิงชีวภาพที่ป้องกันและรักษาโรคได้หลายชนิดทั้งโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคสมองเสื่อม โรคความดันโลหิตสูงและโรคอื่นๆ (Preddy and Watson, 2008; Singh and Goyal, 2008; Biddle *et al*., 2013) มะเขือเทศสุกมีไลโคปีนเป็นองค์ประกอบของสารแคโรทีนอยด์ถึง 80-90% (Krumbein *et al*., 2006) การศึกษาหาทางเพิ่มคุณค่าโภชนาการสารอาหาร เช่น การเพิ่มความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ เช่นสารไลโคปีนจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าทางการค้าได้ และสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคได้ดี อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มสารออกฤทธิ์เชิงชีวภาพในมะเขือเทศยังมีจำนวนน้อยมากในประเทศไทย จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตมะเขือเทศที่มีคุณค่าด้านการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระโดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิต

ไลโคปีนเป็นสารประกอบออกฤทธิ์เชิงชีวภาพ (bioactive compound) ชนิดหนึ่งในกลุ่มแคโรทีนอยด์ การสังเคราะห์ไลโคปีนในพืชอาศัยสารตั้งต้น Geranylgeranyl diphosphate (GGPP) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ isoprenoids จำนวนมาก (Hannoufa and Hossain, 2012) จากนั้นเอนไซม์ phytoene syntase (PSY) เป็นตัว catalyze ให้เกิดการอิ่มตัว (Sataration) ของโมเลกุล GGPP ให้เป็น Phytoene

และเปลี่ยนเป็นไลโคปีน ซึ่งขั้นตอนการเปลี่ยน phytoene เป็นไลโคปีนเป็นขั้นตอนที่จะกำหนดการสังเคราะห์สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ และมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับสภาพแวดล้อมในการเกิด เช่น การแห้งแล้ง การมีเกลือในดิน ปริมาณแสง ปริมาณธาตุอาหารในดิน พันธุ์พืช (ยงยุทธ, 2559; Arango *et al*., 2010; Welsch *et al*., 2008) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไลโคปีนส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและสมบัติดิน ซึ่งอุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 12 °C และสูงกว่า 32 °C จะยับยั้งการสังเคราะห์ไลโคปีน (Dumas et al., 2003) สำหรับอุณหภูมิช่วง 24 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตมะเขือเทศมาก ถ้าอุณหภูมิมากกว่า 35 °C ผลจะเล็กและปริมาณเมล็ดน้อย (Preddy and Watson, 2008) ดินที่ขาดความชื้น การแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ได้จะน้อยลง เมื่อขาดแคลนคาร์บอนไดออกไซด์ พืชจะมีปัญหาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสง (photosystem) โดยอิเล็กตรอนในระบบแสงจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้เกิดอนุมูล อิสระซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน เมื่ออนุมูลอิสระเพิ่มมากถึงระดับหนึ่ง จะมีการส่งสัญญาณเช่น เอนไซม์ หรือกรดบางชนิดไปกระตุ้นให้มีการสร้างสารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ (Sharma *et al*., 2011)

การเพิ่มธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคปีน (Kopsell *et al*., 2007; Dumas et al., 2003; Oke et al., 2005; Satio and Kano, 1970) แต่พบว่าการเพิ่มระดับโพแทสเซียมในดินที่ปลูกมะเขือเทศจาก 0-150 kg K_2O/ha มีผลให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเพิ่มไลโคปีนในมะเขือเทศด้วย (Fanasca *et al*., 2006) เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสง การควบคุมการเปิดปิดปากใบ การสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล และที่สำคัญยังเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ไลโคปีนด้วย ดินที่ขาดโพแทสเซียมมีการสังเคราะห์ไลโคปีนและกรดที่จำเป็นต่อร่างกายน้อย (Gould, 1992) อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Sass-Kiss *et al*. (2005) พบว่าโพแทสเซียมไม่มีผลต่อปริมาณไลโคปีน แต่มีผลต่อสารหอมระเหยและปริมาณกรดในมะเขือเทศ นอกจากธาตุอาหารหลักแล้ว จุลธาตุบางธาตุมีส่วนสำคัญต่อการสร้างคุณค่าทางโภชนาการเช่นกัน เช่น การขาดแมงกานีสมีผลต่อการลดการสังเคราะห์ phytoene ซึ่งเป็นสารตั้งต้นแรกๆ ในการเกิดไลโคปีน (Wilkinson and Ohki, 1988) สังกะสีมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่ปลุกฤทธิ์ของเอนไซม์เช่น carbonic anhydrase และเป็น cofactor ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคลอโรฟิลล์ สารต้านออกซิเดชัน และโปรตีนหลายชนิด (Sbartai *et al*., 2011) จึงเป็นธาตุสำคัญในการเพิ่มไลโคปีน การปลูกมะเขือเทศในดิน saline soil สนับสนุนการสังเคราะห์ไลโคปีนและสารต้านออกซิเดชัน (Juárez-López *et al*., 2014) เพราะสภาพดินที่มีอิทธิพลของเกลือส่งผลต่อความเครียดของพืช เมื่อพืชมีความเครียด พืชส่งสัญญานกระตุ้นการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์เชิงชีวภาพหลายชนิดรวมทั้งไลโคปีนด้วย (ยงยุทธ, 2559) จึงเห็นได้ว่าปริมาณธาตุอาหารในดินและสภาพอากาศมีผลต่อการผลิตเชิงคุณภาพของมะเขือเทศเป็นอย่างมาก

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาแหล่งข้อมูลพื้นที่ปลูกมะเขือเทศเชอรี่โดยการสอบถามจากแหล่งรับซื้อมะเขือเทศจากตลาดกลางผักและผลไม้นครปฐมและจากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน เพื่อคัดเลือกเกษตรกรที่ปลูกมะเขือเทศพันธุ์ CH154 และมีช่วงเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกัน คัดเลือกจำนวนเกษตรกรได้ทั้งหมด 4 ราย มีการสอบถามประวัติการใช้ที่ดินพร้อมเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างมะเขือเทศ โดยเลือกเก็บตัวอย่างที่อายุผลสุก 70-75 วัน และเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรเพื่อทำการวิเคราะห์สมบัติดินประกอบด้วยค่าพีเอชดิน (Soil pH)

โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (ทัศนีย์ และคณะ 2532) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter content) ด้วยวิธี Walkley-Black titration (Walkley and Black, 1934) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ด้วยวิธีของ Kjeldahl method ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยวิธี Bray II โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) สกัดด้วย NH4OAc ที่pH 7 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ปริมาณจุลธาตุในดิน (Fe, Mn, Cu,และ Zn) สกัดด้วย diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) ตัวอย่างดินทุกจุดทำการจำแนกตามมาตรฐานการสำรวจดินภาคสนาม (เอิบ, 2552) จำแนกได้เป็น จุด1คือ ชุดดินบางเขน1 (Bn1; Vertic Endoaquepts) พิกัด 100.119562X 13.993341Y, จุด2 ชุดดินบางเขน2 (Bn2; Vertic Endoaquepts) พิกัด 100.120726 X, 14.028955Y, จุด3 ชุดดินอยุธยา (Ay; Vertic Endoaquepts) พิกัด 100.078258X, 14.175711Y และจุด4 ชุดดินกำแพงแสน (Ks; Typic Haplustalfs) 99.923333X, 14.216111Y

การเก็บข้อมูลสภาพอากาศ

ข้อมูลสภาพอากาศเก็บระหว่างวันปลูกถึงวันเก็บผลผลิต จากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม กรมอุตุวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ใกล้จุดเก็บตัวอย่างมากที่สุด โดยมีข้อมูลดัง Table 1 จะเห็นได้ว่าจุดเก็บตัวอย่างทุกมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดเท่ากัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด-สูงสุดตลอดการปลูกของทุกจุดมีค่าเท่ากัน แต่ร้อยละจำนวนวันที่มีอุณหภูมิมากกว่า 25 °C แตกต่างกันโดยในจุดที่ 1 และ 2 (ชุดดินบางเขน) มีจำนวนวันน้อยกว่าจุดอื่นมาก รวมทั้งปริมาณฝนตกทั้งหมดและจำนวนวันฝนตก ในจุดที่ 1 และ 2 (ชุดดินบางเขน) มีฝนน้อยกว่าจุดอื่นเช่นกัน

Table 1 Climatic data for studied tomato plating period

Series	Duration	T.avg	T.min	T.max	day>25 °C	Rainfall	Day without rain	Day with rain	RH. avg*
		----------------(°C)----------------			%	(mm)	------------------%---------------		
Bn1	27/12/2017-11/03/2018	25.96	17.1-25.5	29.4-37.9	17.3	76.6	88.0	12.0	69.1
Bn2	10/10/2017-11/03/2018	26.22	17.1-25.5	29.4-37.9	11.6	63.6	88.2	11.8	69.1
Ay	03/01/2017-11/03/2018	26.64	17.1-25.5	29.4-37.9	44.4	350.6	78.4	21.6	62.5
Ks	07/10/2017-11/03/2018	26.67	17.1-25.5	29.4-37.9	45.2	357.8	76.9	23.1	69.1

T.avg อุณหภูมิเฉลี่ย, T.min อุณหภูมิต่ำสุด, T.max อุณหภูมิสูงสุด
*ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศไม่ปรากฏข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่เดือน 21กันยายน 2560-31ธันวาคม 2560 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ส่วนใหญ่จึงเหมือนกัน

การเก็บข้อมูลมะเขือเทศ

มีการสอบถามปริมาณผลผลิตจากเกษตรกรและเลือกเก็บผลที่สมบูรณ์อายุผลสุก 70-75 วัน ขนาดและสีของผลสุกแดงใกล้เคียงกันจำนวนซ้ำละ 10 ลูก แล้วแบ่งมาวัดค่า Total solid soluble (TSS) ด้วยเครื่อง refractometer ซึ่งองค์ประกอบหลักของ TSS คือน้ำตาล รวมทั้งมีกรดอะมิโนและกรดอินทรีย์ต่างๆ รวมอยู่ด้วย หน่วยวัดเป็น °Brix สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนทำการสุ่มตัวอย่างมะเขือเทศมา 3 ลูก สับมะเขือเทศให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปชั่ง 0.500 g แล้วบดพร้อม Acetone: Hexane ที่อัตราส่วน 4:6 แช่เย็นทิ้งไว้ 1 คืน ที่อุณหภูมิ 8°C เพื่อให้ตกตะกอน วัดสีด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 665 nm, 645 nm, 505 nm และ 453 nm นำเข้าสมการ [1] (Nagata and Yamashita, 1992) เพื่อคำนวณเป็นปริมาณไลโคปีน ดังนี้

$$\text{Lycopene (mg/100ml)} = -0.0458A663 + 0.204A645 + 0.372A505 - 0.0806A453$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลสมบัติดินได้แก่ pH, %OM, %N, EC, Avai. P, Exch. K, Extr. Fe, Mn, Cu และ Zn สภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด-สูงสุด จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25 °C ปริมาณฝนตกทั้งหมดและจำนวนวันฝนตกตลอดการปลูก ข้อมูลเชิงคุณภาพของมะเขือเทศ ได้แก่ ปริมาณไลโคปีนและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ความน่าเชื่อถือ 95% และสร้างสมการความสัมพันธ์หลายตัวแปรด้วยวิธี stepwise multi-regression analysis เพื่อประเมินปริมาณไลโคปีนและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากสมบัติดินที่วิเคราะห์ข้างต้น

ผลการทดลอง

สมบัติดิน ข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพของมะเขือเทศ

จากการศึกษาสมบัติตัวอย่างดินพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดดิน (Table 2) ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการเขตกรรมที่ต่างกัน โดยส่วนใหญ่เป็นดินที่มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัด ค่าพีเอช 4.37-5.54 ยกเว้นดินชุดกำแพงแสนมีปฏิกิริยาดินเป็นกลาง ค่าพีเอช 6.64 ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ไนโตรเจนทั้งหมดต่ำมาก น้อยกว่า 0.15% ทุกจุด แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) มีปริมาณสูง-สูงมากทุกตัวอย่าง ดินบางพื้นที่พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่า 700 mg/kg สอดคล้องกับการตรวจพบในดินที่ใช้ปลูกผักแบบเข้มข้น (พงษ์สันติ์ และคณะ, 2554) เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรพบว่ามีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสปริมาณสูงมากและใส่บ่อยครั้ง จึงทำให้มีฟอสฟอรัสตกค้างในดินสูงมาก สำหรับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) มีค่าแตกต่างทางสถิติ โดยดิน Bn1 และ Bn2 มีปริมาณโพแทสเซียมปานกลาง (67.8-68.2 mg/kg) และดิน Ay และKs มีปริมาณโพแทสเซียมระดับต่ำ (45.1-58.5 mg/kg) ค่าการนำไฟฟ้าทุกจุดศึกษามีค่าน้อยกว่า 3 dS/m อยู่ในระดับที่ไม่เป็นปัญหาต่อการผลิตมะเขือเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดในดินกำแพงแสน จุลธาตุส่วนใหญ่มีปริมาณมาก ยกเว้น Cu ของดิน Bn2 และ Ay มีปริมาณต่ำ และZn ของดิน Bn2 และ Ks มีปริมาณต่ำ สำหรับไลโคปีนและ TSS มีความแตกต่างทางสถิติเช่นกัน โดยมีปริมาณไลโคปีนและ TSS มากอย่างมีนัยสำคัญในดิน Bn1 และ Bn2 ส่วนปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีปริมาณผลผลิตสูงสุดในดิน Ks

Table 2 Chemical soil properties, tomato quality and tomato yield from 4 locations

Series	pH 1:1	OM	N	Avai.P	Exch.K	EC	Fe	Mn	Cu	Zn	lycopene	TSS	Yield
		--------%-------		-----mg/kg-----		ds/m	---------------mg/kg--------------				mg/100ml	°Brix	t/rai
Bn1	5.45b	1.14a	0.06a	38.9a	68.1c	2.77c	123a	143c	1.39b	1.15b	5.70c	12.70c	2.0
Bn2	4.37a	2.41c	0.12c	48.1a	67.8c	2.07b	118a	49.3a	0.54a	0.57a	4.50b	12.27c	1.5
Ay	5.54b	2.43c	0.12c	853c	58.5b	2.04b	185b	132c	0.44a	1.41b	3.30a	11.33b	2.0
Ks	6.64c	1.56b	0.08b	704b	45.1a	0.39a	202b	79.9b	1.39b	0.59a	3.30a	9.23a	4.0
P value	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.008	0.002	<0.000	0.161

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารไลโคปีน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และสมบัติดิน

จากตาราง correlation matrix (Table 3) สมบัติดินได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุ ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณและคุณภาพของมะเขือเทศ แต่พบว่าปริมาณผลผลิตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าพีเอช และจำนวนวันฝนตกที่ r= 0.92 และ 0.73 ตามลำดับ เป็นไปตามธรรมชาติของการสร้างผลผลิตพืช ซึ่งต้องการความชื้นที่ต่อเนื่องและมีปฏิกิริยาเป็นกลางเพื่อให้ธาตุอาหารมีความเป็นประโยชน์มากที่สุด แต่ปริมาณผลผลิตมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ค่า EC จำนวนวันฝนไม่ตกและ TSS ที่ r>-0.71 ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวตรงกันข้ามกับความสัมพันธ์คุณภาพมะเขือเทศ เมื่อพิจารณาข้อมูลเชิงคุณภาพของมะเขือเทศพบว่าปริมาณไลโคปีนและ TSS มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก ที่ r=0.71 แสดงว่าสมบัติทั้งสองน่าจะอาศัยปัจจัยสภาพแวดล้อมการเกิดสอดคล้องกัน นอกจากมีความสัมพันธ์กันเองแล้วยังพบว่าทั้งปริมาณไลโคปีนและTSSยังสัมพันธ์เชิงบวกกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่า EC ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fanasca *et al*. (2006) พบว่าเมื่อสัดส่วนของโพแทสเซียมในสารละลายอัตราสูงขึ้น ปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งโพแทสเซียมเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์เช่น pyruvate kinase และ phosphofructokinase ในการกระตุ้นกระบวนการ carbohydrate regulate เพื่อสร้างสารตั้งต้นของไลโคปีน (Zhang *et al*., 2008) โพแทสเซียมยังมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสง การควบคุมการเปิดปิดปากใบ การสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลด้วย ทำให้การเพิ่มระดับโพแทสเซียมมีผลต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และ TSS ด้วย (Fanasca *et al*., 2006) ดินที่ขาดโพแทสเซียมพืชมักมีไลโคปีน กรดที่จำเป็นต่อร่างกาย และความหวานน้อยกว่าดินที่มีโพแทสเซียมเพียงพอ สำหรับค่าปริมาณเกลือในดินที่สูงจะส่งผลต่อการปิดปากใบและการลดลงของจำนวนปากใบ เกิดอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ได้มากซึ่งส่งผลการเกิดความเครียดของพืช เมื่อพืชมีความเครียด พืชส่งสัญญานกระตุ้นการสังเคราะห์สารต่อต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดรวมทั้งไลโคปีนด้วย (ยงยุทธ, 2559) แต่ถ้ามีเกลือมากเกินไปพืชส่งสัญญาณมากไปอาจเกิดการยับยั้งการสร้างไลโคปีนและพืชอาจตายได้ (De Pascale *et al*., 2001) อย่างไรก็ตามค่า EC ที่สูงขึ้นในการทดลองนี้ไม่ได้ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณผลผลิตมะเขือเทศ อาจเนื่องจากค่า EC ไม่ได้สูงมากเกินไป สำหรับข้อมูลสภาพภูมิอากาศมีหลายด้านสัมพันธ์กับคุณภาพของมะเขือเทศเช่นกัน โดยมะเขือเทศที่ปลูกในบริเวณที่มีจำนวนวันฝนตกและจำนวนวันที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงเกิน 25 °C มีความสัมพันธ์เชิงลบในการสังเคราะห์ไลโคปีนและปริมาณTSSโดยมีค่า r> -0.78 ตรงข้ามกับบริเวณที่ปลูกในดินที่มีจำนวนวันฝนไม่ตกและจำนวนวันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 °C สัมพันธ์เชิงบวกกับการปริมาณไลโคปีนและ TSS ที่ r> 0.78

Table 3 Correlation (r value) for some soil properties and climatic data versus lycopene and TSS

	pH	OM	N	Avai.P	Exch.K	EC	Fe	Mn	Cu	Zn
	1:1	-------%-------		-------mg/kg-------		ds/m	---------------mg/kg--------------			
lycopene	-0.43	-0.44	-0.44	-0.69	0.71	0.67	-0.32	0.24	0.33	0.55
TSS	-0.80	0.07	0.07	-0.35	0.95	0.93	-0.56	0.22	-0.30	0.24
Yield	0.92	-0.42	-0.42	0.26	-0.78	-0.88	0.53	-0.11	0.66	-0.58

Table 3 (Cont.) Correlation (r value) for some soil properties and climatic data versus lycopene and TSS

	Lycopene	TSS	Yield	Total rain	Without rain	With rain	Avg.T	Day with above 25º	Day with below 25º
	mg/100ml	ºBrix	Ton/rai	mm	---------day----------		ºC	---------day----------	
lycopene	1	0.71	-0.51	-0.80	0.78	-0.80	-0.90	-0.90	0.91
TSS	0.71	1	-0.92	-0.80	0.83	-0.90	-0.82	-0.78	0.80
Yield	-0.51	-0.92	1	-0.26	-0.71	0.73	0.59	0.51	-0.54

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดสร้างสมการเพื่อประเมินปริมาณไลโคปีน และ TSS โดยวิธีการสร้างสมการความสัมพันธ์แบบก้าวหน้า (stepwise multi-regression analysis) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมเป็นปัจจัยหลักในการประเมินไลโคปีนและปริมาณ TSS ที่ R^2=0.76 และ 0.94 ตามลำดับ ดังสมการที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับการมีค่าความสัมพันธ์ (ค่า r) สูงมาก ใน Table 3 ซึ่งอาจเป็นเพราะโพแทสเซียมเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นหรือการปลุกฤทธิ์เอนไซม์ในการสร้างสารไลโคปีน และในพืชนั่นเอง (Gould, 1992) ในการประเมินไลโคปีนยังพบว่าสังกะสีเป็นปัจจัยเสริมในสมการด้วย เนื่องจากเป็นธาตุที่บทบาทในการทำหน้าที่กระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดทั้งโปรตีน คลอโรฟิลล์ และสารต้านอนุมูลอิสระให้ทำงาน (Sbartai *et al*., 2011)

สมการ 1 Lycopene = 0.90Exch.K + 0.58Zn-0.21 R^2=0.76………………[1]

สมการ 2 TSS = 0.56Exch.K + 0.43EC+6.20 R^2=0.93………………[2]

สรุป

การควบคุมปฏิกิริยาดินให้เป็นกลาง และควบคุมปริมาณเกลือให้ต่ำกว่า 2 dS/m รวมทั้งพื้นที่ที่มีจำนวนวันฝนตกสม่ำเสมอจะสนับสนุนการเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศมาก มีผลต่อการผลิตเชิงปริมาณ ในขณะที่การผลิตเชิงคุณภาพซึ่งพิจารณาจากปริมาณไลโคปีนและปริมาณกรดที่ละลายได้ทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับสภาพอากาศที่ส่งผลต่อการเกิดสภาวะเครียดของพืช คือมีอุณหภูมิต่ำกว่า 25 °C ปริมาณฝนและจำนวนวันที่ฝนตกน้อย ร่วมกับสมบัติดินบางสมบัติคือปริมาณโพแทสเซียมที่สูงกว่า 45 mg/kg และปริมาณเกลือสูงกว่า 2 dS/m (ในการทดลองนี้ โพแทสเซียมและ EC ไม่เกิน 70 mg/kg และ 2.77 dS/m ตามลำดับ) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการผลิตเชิงคุณภาพของมะเขือเทศเชอรี่สูงมากโดยค่า EC และ Exch.K มีผลมากต่อปริมาณไลโคปีนและ TSS ทำให้เห็นแนวทางในการศึกษาต่อไปว่า EC และ Exch.K สูงสุดที่ปลูกมะเขือเทศได้คือเท่าไหร่แล้วมะเขือเทศยังสามารถสังเคราะห์สารออกฤทธิ์เชิงชีวภาพได้สูงโดยที่พืชยังให้ผลผลิตได้ปกติ เพื่อนำไปจัดการดินหรือเลือกพื้นที่ปลูกมะเขือเทศที่โภชนาการสูงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2561. ตารางการปลูกพืชทนเค็ม. http://mordin.ldd.go.th/nana/web-ldd/soil/Page09.htm

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์สันติ์ สีจันทร์, นภาพร พันธุ์กมลศิลป์, ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ, ศุภชัย อำคา, เธียร วิทยาวรากุล, ฝอยฝา ชุติดำรง และจิรวัฒน์ พุ่มเพชร. 2554. สภาวะธาตุอาหารพืชและปัจจัยทางดินเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่เกษตรกรรมโครงการหลวง ปี 2554. การประชุมวิชาการสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 15 - 16 กันยายน 2554, เชียงใหม่.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. บทบาทของอีลิซิเตอร์ด้านสรีระของพืช. วารสารดินและปุ๋ย 37:6-27.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2552. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร, 180 หน้า

Arango, J., F. Wüst, P. Beyer and R. Welsch. 2010. Characterization of phytoene synthases from cassava and their involvement in abiotic stress-mediated responses. Planta 232: 1251–1256.

Biddle, M., D. Moser, E.K. Song, S. Heo, H. Payne-Emerson, S.B. Dunbar, S. Pressler and T. Lennie. 2013. Higher dietary lycopene intake is associated with longercardiac event-free survival in patients with heart failure. Eur. J. Cardiovasc. Nurs. 12 : 377–384.

De Pascale, D., A. Maggio, V. Fogliano, P. Ambrosino and A. Ritieni. 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76(4) : 447-453.

Dumas , Y., M. Dadomo, G. Di Lucca and P.Grolier. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. J. Sci. Food Agric. 83: 369 – 382.

Fanasca, S., G. Colla, Y. Rouphael, F. Saccardo, G. Maiani, E. Venneria and E. Azzini. 2006. Evolution of nutritional value of two tomato genotypes grown in soilless culture as affected by macrocation proportions. HortScience 41: 1584-1588.

Gould, WA. 1992. Tomato Production, Processing and Technology. Woodhead Publishing. 550 p.

Hannoufa, A. and Z. Hossain. Regulation of carotenoid accumulation in plants. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 1: 198-202.

Helyes, L., A. Lugasi and Z. Pek. 2012. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. Turk. J. Agric. For. 36(6) : 702–709. Food Qual. 80: 160–164.

Juárez-López, P., R. Medina-Torres, E. Cruz-Crespo, D.W. Reed, M. Kent, L. Cisneros-Zevallos, S. King and P. Ramírez-Vallejo. 2014. Effect of electrical conductivity of the nutrient solution on fruit quality of three native tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). Acta Hortic. 1034: 505–508.

Kopsell, D.A., Kopsell, D.E. and J. Curran-Celentano. 2007. Carotenoid pigments in kale are influenced by nitrogen concentration and form. J. Sci. Food Agric. 87, 900–907.

Krumbein, A., D. Schwarz and H.P. Kläring. 2006. Effects of environmental factors on carotenoid content in tomato (*Lycopersicon esculentum* (L.) Mill.) grown in a greenhouse. J. Appl. Bot. Food Qual. 80: 160–164.

Leiva-Brondoa, M., M. Valcárcel, C. Cortés-Olmos, S. Roselló, J. Cebolla-Cornejoa and F. Nueza. 2012. Exploring alternative germplasm for the development of stable high vitamin C content in tomato varieties. Sci. Hortic. 153: 84–88.

Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 39: 925-928.

Oke M., T. Ahn, A. Schofield and G. Paliyath. 2005. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. J. Agric. Food Chem. 53(5):1531-1538.

Preedy, V.R. and R.R. Watson. 2008. Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties. CRC Press. 665 p.

Saito, S. and F.J. Kano. 1970. Influence of nutrients on growth of solanaceous vegetable plants, quality and chemical composition in their fruit. (part 1) On the effect of different phosphate levels on the lycopene content of tomatoes. J. Agric. Sci. Tokyo 14: 233-238.

Sass-Kiss, A., J. Kiss, P. Milotay, M. M. Kerek and M. Toth-Markus. 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. Food Research International 38: 1023-1029.

Sbartai, H., M.R. Djebar, R. Rouabhi, I. Sbartai and H. Berrebbah. 2011. Antioxidative response in tomato plants Lycopersicon esculentum L. roots and leaves to Zinc. American-Eurasian J. Toxicol. Sci. 3: 41– 46.

Sharma, P., A. Bhushan and R.S. Dubey. 2011. Oxidative stress and antioxidative defence system in plants growing under abiotic stresses. In Handbook of Plants and Crop Stress (M. Pessarakli ed.). CRC Press. Taylor and Francis Group. New York.

Singh, P. and G.K. Goyal. 2008. Dietary lycopene: its properties and anticarcinogenic effects. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 7: 255–270.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of degtjureff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. Soil Sci. 37: 29–35.

Welsch, R., F. Wüst, C. Bär, S. Al-Babili and P. Beyer. 2008. A third phytoene synthase is devoted to abiotic stress induced abscisic acid formation in rice and defines functional diversification of phytoene synthase genes. Plant Physiol. 147: 367–380.

Wilkinson, R.E. and K. Ohki. 1988. Influence of manganese deficiency and toxicity on isoprenoid syntheses. Plant Physiol. 87(4): 841–846.

Zhang, T., J. Shi, Y. Wang and S.J. Xue. 2008. Cultivar and agricultural management on lycopene and vitamin C contents in tomato fruits. In Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties, 27-45 pp. Preedy V.R. and R.R. Watson (eds) CRC publishing.