

ผลกระทบต่อจำนวนและขนาดผลมะเขือเทศในการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงาน  
กระดาษเคลือบแป้งมาใช้ในการเพาะปลูกทางเกษตรกรรม  
Effect to number of births and size of tomato by bringing sludge cake from  
wastewater treatment of duplex board paper mill for agriculture

วิชุดา จันทะศิลป์<sup>1</sup>, อุดมศักดิ์ คงเมือง<sup>1</sup>, เขาวุฑฒ พรพิมลเทพ<sup>1</sup>, สุเทพ ศิลปานันทกุล<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดูเวลาในการเกิด จำนวนผล และขนาดของผลมะเขือเทศที่ได้ โดยนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานกระดาษเคลือบแป้งมาปลูกมะเขือเทศพันธุ์ราชินี โดยการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้ดินปลูก 50% ผสมกับกากตะกอน 50% โดยน้ำหนักและใส่ปุ๋ย กลุ่มที่ 2 ใช้ดินปลูก 50% ผสมกับกากตะกอน 50% โดยไม่ใส่ปุ๋ย และกลุ่มที่ 3 จะใช้กากตะกอนล้วน 100% โดยไม่ใส่ปุ๋ย ผลการทดลองปรากฏว่า หากเกษตรกรต้องการปลูกให้ได้ผลอย่างรวดเร็วประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนำต้นกล้ามะเขือเทศลงปลูกจำเป็นต้องใส่ปุ๋ย ในช่วงเวลาประมาณ 6 เดือน หลังจากนำกล้ามะเขือเทศลงปลูกเกษตรกรจะได้จำนวนผลมะเขือเทศใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่นำ 50% ดินปลูกมาผสมกับ 50% กากตะกอนและมีการใส่ปุ๋ย กับกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่นำ 50% ดินปลูกมาผสมกับ 50% กากตะกอน โดยไม่ใส่ปุ๋ย สำหรับกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่นำกากตะกอนล้วน 100% มาใช้ในการเพาะปลูกนั้น ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ปลูกกับมะเขือเทศพันธุ์ราชินีดังกล่าว เนื่องจากให้จำนวนผลผลิตน้อยมากเพราะมีแร่ธาตุที่พืชต้องการต่ำ อย่างไรก็ตาม ดีขนาดของผลมะเขือเทศที่นำมาปลูกในดินทั้ง 3 ตัวอย่าง ผลการวิจัยปรากฏว่า ขนาดผลทั้ง 3 ตัวอย่าง มีขนาดผลไม่ต่างกันมากนัก

**คำสำคัญ :** ผลกระทบต่อจำนวนและขนาดผลมะเขือเทศ กากตะกอน

---

<sup>1\*</sup> อาจารย์ประจำ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

\* Corresponding author e-mail.com : Vichuda1105@gmail.com

## Effect to number of births and size of tomato by bringing sludge cake from wastewater treatment of duplex board paper mill for agriculture

Wichuda Chantasin<sup>1</sup> Udomsak Kongmuang<sup>1</sup>  
Chaovayut Pornpimonthape<sup>1</sup> Suthep Silapanuntakul<sup>1</sup>

### Abstract

The objectives of this research were to determine the rate of birth time; numbers of tomato fruits and their sizes among 3 samples; 1st sample was 50%sludge cake mixed with 50% plant soil with fertilizer; 2<sup>nd</sup> sample was 50%sludge cake mixed with 50%plant soil without fertilizer and 3<sup>rd</sup> sample was 100%sludge cake. The result showed that if agricultural man required tomato fruit product or number of tomato fruits in a short time, not more than 2 weeks he needed to put fertilizer in the soil that mixed with sludge cake. However the 2<sup>nd</sup> result showed that for the long time after 6 months the product of fruits (number of tomato fruits) between 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> appeared to be close value. For the 3rd group that was 100%sludge cake showed very low product due to lack of nutrients(N,P and K). However sizes of tomato fruits among these 3 groups appeared to be closed to each other's.

**Keywords:** Effect to number of births and size of tomato, sludge cake

---

<sup>1\*</sup> Lecturer, Faculty of Public Health, Bangkokthonburi University

\* Corresponding author e-mail.com : Vichuda1105@gmail.com

### บทนำ

สถิติโรงงานที่ได้รับใบอนุญาตให้เปิดดำเนินการตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 จำแนกรายหมวดอุตสาหกรรม สิ้นสุดปี พ.ศ.2559 มีจำนวน 5563 โรงงาน ในจำนวนนี้มีโรงงานผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ ( Paper and Paper Product) 164 โรงงาน(พระราชบัญญัติ โรงงาน, 2535) โรงงานประเภทนี้มีการนำน้ำประปาและน้ำบาดาลมาใช้ในกระบวนการผลิตในปริมาณสูง อันจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียตามมา จากพระราชบัญญัติควบคุมโรงงาน จำเป็นต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดความสกปรกจากน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียที่บำบัดแล้ว ออกนอกโรงงานลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ส่งผลกระทบต่อแม่น้ำลำคลองที่น้ำเสียที่บำบัดแล้วระบายลงไป โรงงานผลิตกระดาษซึ่งผลิตกระดาษออกมาหลายชนิด อาทิเช่น กระดาษเพื่อจดบันทึก ถ้วยเอกสาร กระดาษชำระกระดาษสีน้ำตาลที่ใช้ในการห่อของ กระดาษเคลือบแป้ง( Duplex Board ) ฯลฯ ก็มีการใช้น้ำในขบวนการผลิตเป็นจำนวนมากเช่นกัน ซึ่งมีระบบบำบัดน้ำเสียตามเงื่อนไขของกรมโรงงาน

ที่มาของงานวิจัยนี้ มาจากความต้องการในการลดปริมาณกากตะกอน(sludge cake) อันเกิดมาจากระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานกระดาษเคลือบแป้ง จากขบวนการผลิต ปริมาณน้ำเสียโดยเฉลี่ย 4500 ลบ.เมตรต่อวัน โดยมีค่าความสกปรกคิดเป็นBOD(Biochemical Oxygen Demand ) 500-600 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักงานบริการเทคโนโลยีสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม (OPHETS), 2558) น้ำเสียดังกล่าวมาจากน้ำล้างแผ่นตะแกรงขึ้นรูปกระดาษเป็นตัวหลัก ประมาณ 4000 ลบ.เมตรต่อวัน นอกนั้นจะเป็นน้ำจากสำนักงาน น้ำจากโรงอาหาร น้ำจากแผนกซ่อมบำรุง ห้องพยาบาล น้ำล้างพื้น น้ำล้างถนนในโรงงาน รวมทั้งน้ำฝนที่ทิ้งรวมลงในระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากความสกปรกในน้ำเสียมีค่อนข้างสูง ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานประเภทนี้จึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือระบบเคมี โดยใช้สารละลายสารส้ม(Alum:  $Al_2SO_4 \cdot 16H_2O$ ) จับสารคอลลอยด์(colloidal materials) จับตัวกันเป็นมวลขนาดใหญ่ขึ้น(Chemical floc ). Chemical floc จากระบบเคมีจะตกตะกอนและถูกเก็บกักไว้ในถังตกตะกอนใบที่1( Sedimentation no 1) น้ำเสียจากระบบบำบัดด้วยเคมีจะถูกบำบัดต่อไปด้วยระบบชีววิทยาแบบตะกอนเร่ง(Activated sludge) จะมีการเติมสารเคมี Ferric Chloride( $FeCl_3$ ), Urea ซึ่งมีส่วนประกอบของ  $NH_3$  และ Phosphoric Acid( $H_3PO_4$ )ลงในถังเติมอากาศ(Aeration Tank) เพื่อเพิ่มสมรรถภาพให้แบคทีเรียแบบใช้ออกซิเจน(Aerobic Bacteria) ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่หลุดมากับน้ำเสียที่ผ่านระบบเคมีมาแล้วในถังเติม

(Aeration Tank) ตะกอนที่เกิดขึ้นจากการที่ Aerobic Bacteriaย่อยสลายผลการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบชีววิทยาดังกล่าวเรียกว่า Biofloc ซึ่งจะตกตะกอนในถังตกตะกอนใบที่2( Sedimentation no2) คุณภาพน้ำเสียจะอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งกระทรวงอุตสาหกรรม สามารถระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาได้ อย่างไรก็ตามจากการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเคมีและชีววิทยา Sludgeส่วนเกิน( Excess Sludge)จะเกิดขึ้น จำเป็นต้องบำบัดเนื่องจากเปอร์เซ็นต์น้ำใน Sludgeส่วนเกินสูงมาก( % น้ำประมาณ 97-99%) ขนส่งลำบาก

Sludge ส่วนเกินซึ่งเกิดจากการเติมสารละลายสารส้ม (Alum) จากถังตกตะกอนหมายเลข1และSludge ส่วนเกินที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำด้วย aerobic bacteria จะถูกส่งโดยระบบท่อมายังถังทำให้ Sludge ส่วนเกินมีความเข้มข้นมากขึ้นโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Sludge thickener) โดย%ของแข็งจะเพิ่มขึ้นอีกราว 1-2% อย่างไรก็ตาม Sludge ส่วนเกิน ยังมี% น้ำใน sludge สูง หยิบด้วยมือไม่ได้ ขนส่งลำบากต้องทำการลดปริมาณน้ำในsludge ส่วนเกิน (dewater) Sludge ส่วนเกินจาก Sludge thickener จะมีการเติมสารโพลีเมอร์(Polymer) โดยมีชื่อภาษาอังกฤษ Poly Acrylamine จากนั้น Sludge ส่วนเกินจะถูกส่งเข้ารีด Sludge ดังกล่าวด้วย screw press % น้ำใน sludge ส่วนเกินจะลดลงอย่างมาก จากเดิม รว 96-97% จะเหลือราว 75-80% เรียก sludge ส่วนเกินหลังผ่านการบำบัดว่า กากตะกอน ( sludge cake) ซึ่งสามารถหยิบด้วยมือขนส่งได้สะดวกขึ้น

การกำจัด กากตะกอน(sludge cake) สามารถกระทำได้ 2 วิธี (Metcalf & Eddy, 2003)

1) เผาในเตาเผา (incinerator) ในปัจจุบันนี้ ได้ระบับการใช้วิธีดังกล่าว เนื่องจากต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการเผา กากตะกอนดังกล่าวไม่สามารถถูกไหม้ด้วยตัวเองได้ ต้องใช้น้ำมันช่วยให้ลุกไหม้ และค่าความร้อนที่ได้ ไม่สูงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น อาทิ เช่น ผลิตไฟฟ้า เป็นเชื้อเพลิงต้มน้ำหรือเพื่อใช้ในการให้ความร้อนแก่อาหาร

2) ฝังกลบในที่ดินฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ ( Sanitary Landfill) ทางโรงงานจะใช้วิธีการฝังกลบเป็นวิธีหลัก

ปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นเฉลี่ยวันละ 5 ลบ.เมตร เพื่อชะลอในการสิ้นเปลืองเนื้อที่ฝังกลบ ทางโรงงานจึงมีแนวทางนำกากตะกอนดังกล่าวมาผลิตวัสดุในเชิงวิจัย เช่น นำมาทำถังขยะแบบฝังกลบได้(disposable bin)โดยการล้างกากตะกอนดังกล่าวให้สะอาด (Cleaned Sludge cake)ผสมกับกาวลาเท็กซ์สังเคราะห์(synthetic latex) สามารถขึ้นรูปถังขยะได้สูงราว 13 นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยราว 10 นิ้ว ( Kongmuang U, 2015) ต่อมาได้ลองลดขนาดและเปลี่ยนมาผลิตกระถางแบบฝังกลบได้( degradable flower pot) โดยใช้กากตะกอนสด(Raw Sludge cake)ผสมกับผงดินเหนียว(Clay Powder)และขึ้นรูปด้วยระบบกลึง ทำการตากลมจนได้วัสดุดินเหนียวผสมกากตะกอนแบบตากลม(adobe) สามารถนำไปใช้ในการเพาะต้นกล้าได้(Kongmuang U, 2016) เพื่อเพิ่ม

คุณภาพการอยู่บนดินนานขึ้นก่อนจะฝังต้นกล้าลงใต้ดิน กระจกดังกล่าวสามารถอยู่บนดินได้นานขึ้นราว 6-8 สัปดาห์โดยการเคลือบผิวกระจกด้วยพาราฟิน( Paraffin coating) (Kongmuang U, 2018)

นอกจากนี้เพื่อนบ้านในบริเวณรอบๆโรงงานได้ขอนำกากตะกอนดังกล่าวไปใช้ในการเกษตร ผู้วิจัยได้เริ่มตระหนักถึงการนำกากตะกอนมาใช้ในการเพาะปลูก มะเขือเทศเป็นพืชที่คนไทยนิยมบริโภคอยู่เป็นประจำ งานวิจัยเป็นแนวทางเบื้องต้นในการศึกษาว่า หากนำกากตะกอนดังกล่าวมาใช้ในการปลูกมะเขือเทศจะมีผลต่อจำนวนผลมะเขือเทศ และขนาดของผลมะเขือเทศหรือไม่

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาระยะเวลาในการเกิด จำนวนผล และขนาดของผลมะเขือเทศที่ได้ โดยนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานกระดาษเคลือบแป้งมาปลูกมะเขือเทศพันธุ์ราชินี

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาระยะเวลาในการเกิด จำนวนผล และขนาดของผลมะเขือเทศที่ได้ โดยนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานกระดาษเคลือบแป้งมาปลูกมะเขือเทศพันธุ์ราชินี

## นักวิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง

- แบบที่ 1 50%ดินปลูก+50%กากตะกอน(โดยน้ำหนัก)+ปุ๋ย
- แบบที่ 2 50%ดินปลูก+50%กากตะกอน(โดยน้ำหนัก)
- แบบที่ 3 100%กากตะกอน

## 1) ขั้นตอนการปลูกต้นกล้ามะเขือเทศในกระถาง

### วัสดุที่ใช้ประกอบด้วย

- 1.1 กระจกพลาสติกขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางขอบบน 30 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางขอบล่าง 24 ซม. สูง 25 ซม. บรรจุเศษกาบมะพร้าวขนาดเล็กตอนล่างของกระถางหนา 4 ซม. เพื่อป้องกันการอุดตันของดินปลูกหรือกากตะกอนตอนบน หากน้ำที่ใช้รดน้ำต้นไม้ระบายออกไม่สะดวกเตรียมเช่นนี้อีก 8 กระถาง รวม 9 กระถาง
- 1.2 ดินปลูกจากสนามหลวง 2
- 1.3 ปุ๋ยจากสนามหลวง 2
- 1.4 น้ำที่ใช้รดต้นกล้าจะใช้น้ำในคลองหน้าตึก 10 นำตัวอย่างของวัสดุปลูก 3 แบบ (3 treatments) แต่ละแบบบรรจุลงในกระถาง 3 กระถางซ้ำกัน(3 replication นำต้นกล้าจำนวน 6 ต้นใส่ในแต่ละกระถาง ทำการรดน้ำต้นกล้าจากน้ำในคลองหน้าตึก10 โดยรดน้ำในปริมาณเท่ากัน

## 2) ขั้นตอนการจดบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูล

นักวิจัยจะเริ่มบันทึกข้อมูล เมื่อต้นกล้าเริ่มออกผลมะเขือเทศ จนกระทั่งผลโตเต็มที่และหลุดออกจากต้น โดยนับจำนวนผลที่ร่วงหล่นด้วย เพื่อความแม่นยำจะดำเนินการราว 4 เดือน

ในการวัดขนาดและอัตราการเติบโตของขนาดมะเขือเทศ นักวิจัยจะใช้ปากกาแบบ Permanent color ชีดในแนวระดับตั้งแต่ผลมะเขือเทศเริ่มเกิด โดยทำการวัดความยาวทุกๆ 5 วัน เป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน เนื่องจากนักวิจัยสังเกตเห็นว่า ผลมะเขือเทศดังกล่าวจะโตเต็มที่และมีโอกาสร่วงลงดิน มีเวลาอยู่กับต้นมะเขือเทศราว 30 วัน จากผลข้อมูลที่ได้นักวิจัยจะนำมาวิเคราะห์โดยการ Plot graph หรือใช้ความรู้ทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว

## สรุปผลการวิจัย

ในการนำกากตะกอน(sludge cake)จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตกระดาษเคลือบแข็ง(duplex board) และดินปลูกมาทำการทดลองปลูกเพื่อวิเคราะห์จำนวนผลมะเขือเทศ โดยการจัดทำ 3กลุ่มตัวอย่าง คือ

แบบที่ 1 50%กากตะกอน + 50% ดินปลูก+ปุ๋ย

แบบที่ 2 50%กากตะกอน + 50% ดินปลูก

แบบที่ 3 100%กากตะกอน

กระถางชนิดที่ 1 จะให้ผลได้เป็นอันดับ 1 ทั้ง 3 ใบ วันที่นำต้นกล้ามาปลูกในกระถางและนำมาวางเรียงที่ริม คลองหน้าตึก10(คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร) คือวันที่ 27สิงหาคม 2560 กระถางใบที่ 3 ซึ่งบรรจุกากตะกอนและดินปลูกในสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากันและใส่ปุ๋ย จะให้ผลเป็นกระถางแรกในวันที่11กันยายน 2560 โดยมีระยะเวลา 15 วันหลังจากนำต้นกล้าลงปลูกในกระถาง หลังจากนั้นอีก 21 วัน กระถางใบที่1และ2 ก็จะให้ผลออกมาเช่นกัน

กระถางชนิดที่2 กากตะกอนผสมดินปลูกในอัตราผสมโดยน้ำหนักเท่ากัน แต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย จะเริ่มให้ผลบ้าง โดยที่ กระถางใบที่4 จะเริ่มให้ผลในวันที่ 29 ตุลาคม 2561 และ27 วัน หลังจากกระถางลูกที่1-3 ออกผลแล้ว หรือ63วัน หลังจากนำกล้ามะเขือเทศลงเพาะหน้าตึก10 กระถางชนิดที่2 แบบใช้กากตะกอนผสมกับดินปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยนี้จะ ออกลูกครบทุกกระถางในวันที่ 17 พฤศจิกายน 2560 หรือ 82 วันหลังจากนำกล้ามะเขือเทศลงดิน(ประมาณ 12 สัปดาห์หรือ3เดือน)

หากมาพิจารณาผลของกระถางชนิดที่3 ใช้กากตะกอน 100% ไม่มีดินปลูกมาผสมและไม่ใส่ปุ๋ย จะปรากฏผล ว่า กระถางใบที่8 จะให้ผลเป็นอันดับแรกของกลุ่มตัวอย่างชุดนี้ คือวันที่17พฤศจิกายน 2560 82วันหรือประมาณ 3เดือนหลังจากนำกล้ามะเขือเทศลงดิน กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 3 ที่ใช้กากตะกอน100% โดยไม่ใส่ปุ๋ยนี้จะให้ผลครบทั้ง3 กระถางในวันที่ 4 ธันวาคม 2560 หรือ 116 วัน นับจากวันที่กล้ามะเขือเทศลงดิน

หากพิจารณาจำนวนผล กระถางใบที่1-3 (แบบเติมปุ๋ย) ตั้งแต่วันที่ 2 ตุลาคม 2560 ซึ่ง ให้ผลออกมาทั้ง 3 ใบ จำนวนรวม 8 ผล หลังจากผลแรกเริ่มออก เมื่อนำกล้าลงกระถาง 15 วัน หลังจากนั้นประมาณ 10 วัน ต้นกล้าใน กระถางชนิดที่2 แบบไม่ใส่ปุ๋ยจะให้ผลออกมา อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นอีก 4 สัปดาห์ ต้นมะเขือเทศชนิดที่ 1 ยังคงมี อัตราการให้ผลที่สูงกว่าแบบชนิดที่ 2 คือ ให้ผลรวม 15 ผล ขณะที่ชนิดที่2 แบบไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนผลที่เกิดรวม 7 ผล ต่อจากนั้นอีกประมาณ 10 วัน อัตราการให้ผลที่เกิดของชนิดที่ 1 เริ่มลดลงโดยมีผลเกิดรวม16 ผล ขณะที่ชนิด ที่2 มีจำนวน 13 ผล ซึ่งใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นอัตราการเกิดรวมของชนิดที่1 และ 2 มีผลต่างกันเพียงเล็กน้อย โดย ที่ชนิดที่1 แบบใส่ปุ๋ยจะมีผลรวมมากกว่าชนิดที่ 2 แบบไม่ใส่ปุ๋ยเพียง 2-3 ผลเท่านั้นเป็นเช่นนี้จนจบการจดบันทึก 10 กุมภาพันธ์ 2561 รวมระยะเวลาจดบันทึก ประมาณ 6 เดือน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผลกับระยะเวลาของ3กลุ่มตัวอย่าง

ว/ด/ป	50%กากตะกอน+50%ดิน ปลูก+ปุ๋ย			50%กาก+50%ดินปลูก			100%กากตะกอน		
	กระถาง	กระถาง	กระถาง	กระถาง	กระถาง	กระถาง	กระถาง	กระถาง	กระถาง
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
27ส.ค.2560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11ก.ย.2560	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2ต.ค.2560	1	1	1	0	0	0	0	0	0

18ต.ค.2560	2	1	1	0	0	0	0	0	0
29ต.ค.2560	2	2	4	1	0	0	0	0	0
6 พ.ย. 2560	2	2	5	1	0	1	0	0	0
17พ.ย.2560	4	4	5	1	1	2	0	2	0
27พ.ย.2560	4	6	5	2	1	4	0	2	0
4ธ.ค.2560	5	6	5	4	2	7	1	2	1
12ธ.ค.2560	5	6	5	4	2	8	2	2	1
21ธ.ค.2560	7	6	5	4	2	9	3	2	1
8ม.ค.2561	7	7	6	5	4	9	3	2	1
16ม.ค.2561	9	8	8	6	7	9	3	4	1
26ม.ค.2561	9	10	8	6	7	10	5	4	1
31ม.ค.2561	9	10	8	6	7	11	5	4	1
5ก.พ.2561	11	11	8	6	7	13	5	4	1
10ก.พ.2561	11	11	8	6	7	15	5	4	1

หากพิจารณา การให้จำนวนผลผลิตของมะเขือเทศที่ปลูกในภาคตะกอน100% โดยไม่ใส่ปุ๋ย (treatment no3 3 replications) จะให้ผลออกมาช้ามาก หลังจากนำต้นกล้าลงปลูก ประมาณ 4 สัปดาห์ จะให้ผลผลิตรวมเพียง 2 ผล อีกประมาณ 4 สัปดาห์ต่อมา จะให้ผลรวมเป็น 4 ผล เพิ่มขึ้นอีกเพียง 2 ผลเท่านั้น อย่างไรก็ตาม อีก 1 เดือนต่อมา ให้ผลเพิ่มอีก 3ผล และเมื่อสิ้นสุดการทดลองประมาณ 6เดือน จะให้ผลรวมเพียง 10 ผลเท่านั้น ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมของจำนวนผลในแต่ละกลุ่มตัวอย่างกับเวลา

ว/ด/ป	50%ภาคตะกอน+50%ดินปลูก+ ปุ๋ย	50%กาก+50%ดินปลูก	100%ภาคตะกอน
27 ส.ค. 2560	0	0	0
11 ก.ย. 2560	1	0	0
2 ต.ค. 2560	3	0	0
18 ต.ค. 2560	4	0	0
29 ต.ค. 2560	8	0	0
6 พ.ย. 2560	9	2	0
17 พ.ย. 2560	13	4	2
27 พ.ย. 2560	15	7	2
4 ธ.ค. 2560	16	13	4

12 ธ.ค. 2560	16	14	5
21 ธ.ค. 2560	18	15	6
8 ม.ค.2561	20	18	6
16 ม.ค. 2561	25	22	8
26 ม.ค.2561	27	23	10
31 ม.ค. 2561	27	24	10
5 ก.พ. 2561	30	26	10
10 ก.พ. 2561	30	28	10

วิเคราะห์ขนาดผลมะเขือเทศ โดยการจัดทำ 3กลุ่มตัวอย่างเช่นกัน คือ

แบบที่ 1 50%กากตะกอน + 50% ดินปลูก+ปุ๋ย

แบบที่ 2 50%กากตะกอน + 50% ดินปลูก

แบบที่ 3 100%กากตะกอน

นักวิจัยจะพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ โดยพิจารณาจากเส้นในแนวระดับที่ขีดไว้ที่ผลมะเขือเทศเมื่อเริ่มสังเกตเห็นผลอ่อนที่เพิ่งเริ่มเกิดขึ้น โดยพิจารณา ขนาดผลที่เริ่มเกิด วัดขนาดแนวระดับ โดยเริ่มสังเกตเห็นการเติบโตวันที่ 3หลังจากต้นมะเขือเทศเริ่มให้ผล จนผลมะเขือเทศไม่แสดงอาการเติบโตในวันที่ 33 รวมระยะเวลาศึกษาการเจริญเติบโต 30วัน และผลมะเขือร่วงหล่นไป ได้ผลดังนี้

1) 3 วันหลังจากมะเขือเทศให้ผล ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยในแนวระดับของผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 1 (กากตะกอน+ดินปลูก+ปุ๋ย) มีความยาวในแนวระดับเฉลี่ย 0.8 เซนติเมตร ขณะที่กลุ่มที่2(กากตะกอน+ดินปลูก) และกลุ่มที่ 3 (กากตะกอน100%) มีค่าความยาวในแนวระดับเฉลี่ย 0.86 และ0.73 ซม.ตามลำดับ นั่นคือ กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 1 มาอันดับ 1 และอันดับ 2 ส่วนกากตะกอนล้วนจะมาเป็นอันดับ 3

2) 8 วันหลังจากได้ผลมะเขือเทศ จะปรากฏผลเช่นเดียวกับข้อ 1 โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในกลุ่มที่2 จะยาวที่สุด คือค่าเฉลี่ยความยาวในแนวระดับเพิ่มเป็น 1.91 ซม. ขณะที่กลุ่มที่ 1 ค่าเฉลี่ยในแนวระดับวัดได้ 1.44 ซม. และกลุ่มที่ 3 วัดค่าเฉลี่ยได้ 1.16 ซม.

หากสังเกต ดูค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความยาวในแนวนอนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม จะพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศ กลุ่มที่ 2 มะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $1.91-0.86= 1.05$  ซม.

ขณะที่ กลุ่มที่1 ผลมะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $1.44-0.8=0.64$  ซม.

ขณะที่ กลุ่มที่ 3 ผลมะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $1.16-0.73=0.43$  ซม.

3) 13 วันหลังจากได้ผลมะเขือเทศ จะปรากฏผลเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในกลุ่มที่2 จะยาวที่สุด คือค่าเฉลี่ยความยาวในแนวระดับเพิ่มเป็น 2.44 ซม. ขณะที่กลุ่มที่1 ค่าเฉลี่ยในแนวระดับวัดได้ 2.09 ซม. และกลุ่มที่3 วัดค่าเฉลี่ยได้ 1.99 ซม.

หากสังเกต ดูค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความยาวในแนวนอนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม จะพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศ กลุ่มที่ 2 มะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $2.44-1.91=0.53$  ซม.

ขณะที่ กลุ่มที่ 1 ผลมะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $2.09-1.44=0.65$  ซม.

ขณะที่ กลุ่มที่ 3 ผลมะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $1.99-1.16=0.83$  ซม.

4) 18 วันหลังจากได้ผลมะเขือเทศ จะปรากฏผลเช่นเดียวกับข้อ 3 โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในกลุ่มที่ 2 จะยาวที่สุด คือค่าเฉลี่ยความยาวในแนวระดับเพิ่มเป็น 2.73 ซม. ขณะที่กลุ่มที่ 1 ค่าเฉลี่ยในแนวระดับวัดได้ 2.58 ซม. และกลุ่มที่ 3 วัดค่าเฉลี่ยได้ 2.46 ซม.

หากสังเกต ดูค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความยาวในแนวนอนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม จะพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 2 จะชะลอลง(จาก 13 วัน ถึงวันที่ 18 ผลมะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $2.73-2.44=0.29$  ซม. ขณะที่ กลุ่มที่ 1 ยังมีแนวโน้มคงที่ (จาก 13 วันถึงวันที่ 18 ผลมะเขือเทศมีอัตราเติบโต  $2.58-2.09=0.49$  ซม.

5) 23 วัน หลังจากได้ผลมะเขือเทศ จะปรากฏผลว่า ผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 2 จะมีขนาดผลใหญ่ที่สุด วัดค่าเฉลี่ยตามแนวระดับได้ 2.94 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $2.94-2.73 = 0.21$  ซม. ขณะที่กลุ่มที่ 1 ค่าเฉลี่ยในแนวระดับวัดได้ 2.92 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $2.92-2.58=0.34$  ซม. และกลุ่มที่ 3 วัดค่าเฉลี่ยได้ 2.72 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $2.72-2.46=0.26$  ซม.

6) 28 วัน หลังจากได้ผลมะเขือเทศ จะปรากฏผลว่า ผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 1 จะมีขนาดผลใหญ่ที่สุด วัดค่าเฉลี่ยตามแนวระดับได้ 3.22 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $3.22-2.92 = 0.30$  ซม. ขณะที่กลุ่มที่ 2 ค่าเฉลี่ยในแนวระดับวัดได้ 3.11 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $= 3.11-2.94= 0.17$  ซม. และกลุ่มที่ 3 วัดค่าเฉลี่ยได้ 3.04 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $3.04-2.72= 0.32$  ซม.

7) 33 วัน หลังจากได้ผลมะเขือเทศ จะปรากฏผลว่า ผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 1 จะมีขนาดผลใหญ่ที่สุด วัดค่าเฉลี่ยตามแนวระดับได้ 3.41 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $3.41-3.22 = 0.19$  ซม. ขณะที่กลุ่มที่ 2 ค่าเฉลี่ยในแนวระดับวัดได้ 3.20 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $= 3.20-3.11= 0.09$  ซม. และกลุ่มที่ 3 วัดค่าเฉลี่ยได้ 3.16 ซม. โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของผลมะเขือเทศในนี้ จะยาวขึ้น  $3.16-3.04= 0.12$  ซม.

## อภิปรายผล

จากผลการนำกากตะกอน(sludge cake) จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตกระดาษเคลือบแข็ง(duplex board) มาผสมกับดินปลูกในอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตัวอย่าง แบบใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย และเพิ่มอีก 1 ตัวอย่างโดยใช้กากตะกอนดังกล่าว 100% ไม่ใส่ปุ๋ย จะปรากฏว่า ความฉับไวในการเกิดผล กลุ่มตัวอย่างที่ 1(50%กากตะกอน+50% ดินปลูก+ปุ๋ย) จะให้ผลเกิดขึ้นเร็วที่สุด โดยเริ่มเกิด15วัน(ประมาณ 2 สัปดาห์) หลังจากนำต้นกล้ามะเขือเทศลงปลูกในกระถางบริเวณริมคลองหน้าตึก10 โดยวางเรียงขนานกับลำคลอง และให้ผลครบในการเกิดผลมะเขือเทศครบทั้ง 3 replications ในเวลา 21 วัน ทั้งนี้จะมีสาเหตุมาจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปช่วยเร่งอัตราการเกิดผลมะเขือเทศดังกล่าว ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่ 2(50%กากตะกอน+50%ดินปลูก)ไม่ใส่ปุ๋ย จะเริ่มมีผลมะเขือเทศเกิดขึ้นผลแรก ประมาณ 27 วัน (4 สัปดาห์) หลังจากนำต้นกล้าลงปลูก และเกิดครบทั้ง 3 replications



ประมาณ 3เดือน เหตุผลที่อธิบายได้ก็คือ ในส่วนผสมของดินปลูกมีสารอาหารที่มะเขือเทศต้องการ อาทิ N P และ K ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีในกากตะกอนและดินปลูก

ลำดับ	คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี	กากตะกอน	ดินปลูก
1	pH	7.87	8.56
2	%ความชื้น	62.10	27.00
3	Total organic carbon(mg/kg)	1356	7560
4	Total phosphorus(mg/kg)	79	292
5	Total nitrogen(mg/kg)	378	3046
6	Potassium(mg/kg)	120	1351

ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ 100%กากตะกอนน้ำเสียจากโรงกระดาษโดยไม่ใส่ปุ๋ย นักวิจัยพบว่า ความเร็วในการเกิดผลมะเขือเทศผลแรกใช้เวลานานมาก ราว 90 วัน(3 เดือน)หลังจากนำต้นกล้าลงปลูกในกากตะกอนดังกล่าว และต้องใช้เวลาในการเกิดผลมะเขือเทศสมบูรณ์ทั้งหมด ประมาณ 120 วัน(4 เดือน) ทั้งนี้มีสาเหตุมาจาก สารอาหารในกากตะกอนดังกล่าวล้วนๆ(100%และไม่ใส่ปุ๋ย) มีค่า N, P, Kต่ำ

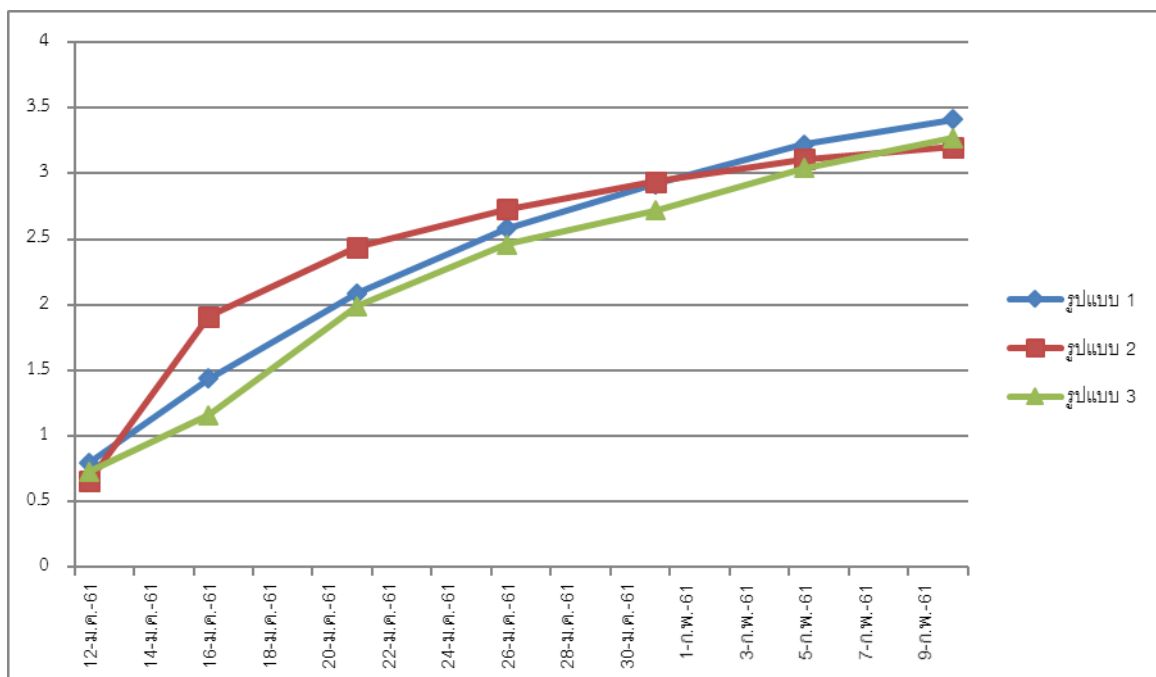
หากพิจารณาจำนวนผลที่เกิดขึ้น อัตราการให้จำนวนผลผลิตจากกลุ่มตัวอย่างที่1(50%กากตะกอน+ 50%ดินปลูก+ปุ๋ย)ใน3เดือนแรกจะให้ผลผลิตที่ดีที่สุด โดยให้จำนวนผลผลิตมะเขือเทศสูงสุด เนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยที่ใส่ อย่างไรก็ตาม 50%ดินปลูกก็ยังมีสารอาหารเพียงพอ(N,P,Kพอเพียง) อัตราการเกิดผลของมะเขือเทศอันเกิดจากดินปลูกและกากตะกอนโดยไม่ใส่ปุ๋ย มะเขือเทศปรับสภาพได้และออกผลมาใกล้เคียงกับแบบใส่ปุ๋ยในที่สุด

สำหรับขนาดของผลมะเขือเทศที่เกิดขึ้นใน 3ตัวอย่าง ปรากฏผลว่า อัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มตัวอย่างที่ 1และ2 ในระยะ 15 วันแรกจะใกล้เคียงกัน โดยขนาดผลของมะเขือเทศในกลุ่มที่2 จะมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มตัวอย่างที่1 เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากในระยะแรกจำนวนผลมะเขือเทศในกลุ่มที่1 มีจำนวนมาก ทำให้อัตราของสารอาหารต่อจำนวนต้นมะเขือเทศต่ำกว่ากลุ่มที่2ถึงแม้จะมีการเติมปุ๋ย ขณะที่กลุ่มที่3 ซึ่งใช้กากตะกอน 100% มาทำการปลูกมะเขือเทศ ได้จำนวนผลน้อย แต่ขนาดของผลก็ไม่ด้อยกว่ากลุ่มที่1และ2 มากนัก เมื่อครบวงจรการเจริญเต็มที่ของผลมะเขือเทศ จึงปรากฏว่าขนาดผลของมะเขือเทศที่ปลูกใน 3 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดโตเต็มที่ไม่ต่างกันมากนัก โดยที่กลุ่มที่1 วัดความยาวในแนวระดับได้ 3.22 เซนติเมตร ขณะที่กลุ่มที่ 2 และ 3 วัดความยาวเต็มที่ได้ 3.11 และ 3.04 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยขนาดผลใน 3 กลุ่มตัวอย่างกับระยะเวลา

ว/ด/ป	ส+ด+ป(ชม.)	ส+ด(ชม.)	ส 100%(ชม.)
12 ม.ค.2561	0.8	0.66	0.73
16 ม.ค.2561	1.44	1.91	1.16
21 ม.ค.2561	2.09	2.44	1.99
26 ม.ค.2561	2.58	2.73	2.46
31 ม.ค.2561	2.92	2.94	2.72
5 ก.พ.2561	3.22	3.11	3.04
10 ก.พ.2561	3.41	3.20	3.27

กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยในแนวราบ ใน 3 กลุ่มตัวอย่างกับระยะเวลา จากตารางที่ 3



สรุปการนำกากตะกอนมาผสมดินปลูก 50%โดยมีกากตะกอน 50% โดยไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย ยกเว้นกรณีที่เกิดการต้องการผลการเกิดจำนวนผลมะเขือเทศเร็วราว 2 สัปดาห์หลังจากนำกล้ามะเขือเทศลงปลูก โดยใส่ปุ๋ยเร่งการเกิดเพื่อให้ได้จำนวนผลรวดเร็ว สำหรับ treatment ที่ 3(กากตะกอน100%และไม่ใส่ปุ๋ย) ไม่ควรนำมาเพาะปลูกมะเขือเทศ เนื่องจากให้ผลออกมาจำนวนน้อย เนื่องจากมีสารอาหาร (N,P,K) ต่ำ นอกจากนี้ขนาดผลมะเขือเทศที่ได้ในการนำ 50%กากตะกอนมาผสมกับดินปลูก 50% โดยไม่ใส่ปุ๋ย ก็ไม่ทำให้ผลมะเขือเทศพันธุ์จักรพรรดิมีขนาดเล็กกว่าแบบใส่ปุ๋ย

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ในปัจจุบันกากตะกอนน้ำเสียโรงกระดาษมีแนวโน้มการเจือปนของโลหะหนัก ตะกั่ว นิกเกิล และทองแดงน้อยลง เนื่องจากวัสดุในการผลิตกระดาษเคลือบแป้งถูกควบคุมให้ใช้วัตถุดิบที่มีโลหะหนักน้อยลง

1. การทำวิจัยที่ผ่านมากากตะกอนมีโลหะหนักเจือปนในปริมาณที่สูงและทำให้ตะกั่วในผักคะน้าที่นำมาทดลองปลูกในงานวิจัยมีค่าตะกั่วสูงกว่าค่ามาตรฐาน

2. หากเกษตรกรต้องการจะนำกากตะกอนไปใช้ปลูกกับพืชกินได้ ควรทำการตรวจสอบเนื้อมะเขือเทศโดยการสุ่มตัวอย่างเสียก่อน หากเป็นไปได้ควรนำกากตะกอนดังกล่าวไปใช้ปลูกกับพืชไม่ทานผล เช่น ไม้ประดับ จำปา จำปี กุหลาบ มะลิ หรือพวกดอกกล้วยไม้ ไม้ยืนต้น เช่น ต้นยาง ลัก ฯลฯ

#### บรรณานุกรม

พระราชบัญญัติ โรงงาน. 2535. ค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2560, จาก <http://www.acfs.go.th>  
act\_factory\_2535

สำนักงานบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและสิ่งแวดล้อม (OPHETS) คณะสาธารณสุขศาสตร์  
มหาวิทยาลัยมหิดล ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย.2558.

Kongmuang U, Kiykaew D, Morioka I. Construction technique of disposable bin from sludge cake and its environmental risk. Environmental Health and Preventive Medicine.2015;20:28-35.

Kongmuang U, Sritanaudomchai H. Morioka I. Potential use of sludge cake from paper mill wastewater treatment as degradable flower pot . Environmental Health and Preventive Medicine.2016;20:21(4):258-64.<https://doi.org/10.1007/s12199-016-0523-5>(Epub2016Mar 10.)

Kongmuang U, Phornpimolthape C, Morioka I. Effects of paraffin external coating on the degradable flower pot made of sludge cake. Chemical and Biological Technologies in Agriculture.2018;5:23:1-8.<https://doi.org/10.1186/s40538-018-0135-y>(Epub2018Nov22)

Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous G, Burton FL, David Stensel D. Wastewater Engineering: treatment and reuse. 4<sup>th</sup> ed. Singapore : McGraw Hill Higher Education; 2003.