น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังต่อการเจริญและผลผลิตอ้อย

Wastewater from Tapioca Starch Manufacturers Affecting Growth and Yield of Sugarcane

จุรีพร เกือบพิมาย[1/] พิลาณี ไวถนอมสัตย์[1/] วราภรณ์ อภิวัฒนาภิวัต[1/] ชนาพร ตระกูลแจะ[1/] พรพิมล จันทร์ฉาย[1/] เอกพงษ์ ธนะวัติ[1/] จิราภรณ์ มีลักษณะ[1/] อันธิกา บุญแดง[1/*]

Jureeporn Keabpimai[1/] Pilanee Vaithanomsat[1/] Waraporn Apiwatanapiwat[1/] Chanaporn Trakunjae[1/] Phornphimon Janchai[1/] Eakpong Tanawat[1/] Jiraporn Meelaksana[1/] Antika Boondaeng[1/*]

Received 24 May 2023/Revised 26 Sep. 2023/Accepted 11 Oct. 2023

ABSTRACT

The severe drought crisis in Thailand, which has been intensifying since the end of 2019 continuously resulting in water shortages. Therefore, utilizing industrial wastewater for beneficial purposes has been one of the strategies to address the drought problem. This research aimed to study the impacts of effluent wastewater from tapioca starch manufacturers on the growth and yield of sugarcane, comparing it with natural water and rainfed conditions. The quality of the effluent wastewater from the tapioca starch factory was assessed, revealing that the levels of total suspended solids (TSS), total dissolved solids (TDS), initial biochemical oxygen demand (BOD), and chemical oxygen demand (COD) exceeded the prescribed standard for discharge of tapioca starch effluent wastewater. The growth and biomass of sugarcane var. KhonKaen 3 were examined to investigate the effect of supplying effluent wastewater. The experimental design of the plot followed a randomized complete block design (RBD) with four replications and three treatments. The treatments included: 1) Supplemental water using factory effluent wastewater, 2) Supplemental water using natural water, and 3) No water (rainfed condition serving as the control) weekly measurements of crop water uptake for sugarcane var. KhonKaen3 was recorded and calculated based on crop water requirements handbook. The effect of water supply on sugarcane cultivation revealed no significant differences in growth and sugarcane yields including stem height (257.8-270 cm.),

Keywords: tapioca starch industrial effluent wastewater; nutrient elements; heavy metal; sugarcane; yield components

---

[1/] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1/] Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute (KAPI), Kasetsart University, Bangkok 10900

*** Corresponding author: aapakb@ku.ac.th**

length of internode (8.38-8.94 cm.), number of internodes/stem (26.83-27.08 internodes/stem), weight/stem (1.85-1.87 kg/stem), and yield/rai (16.96-17.30 tons/rai) between the supply of factory effluent wastewater and natural water supply. The application of rainfed supply resulted in a decrease in both growth and sugarcane yield. However, the percentage of CCS(commercial cane sugar) exhibited no statistically significant difference across the treatments (12.38-13.40 °Brix). After harvesting, the accumulated levels of toxic substances and heavy metals in sugarcane and soil samples remained within the acceptable standard limits. The analysis of soil samples revealed relatively elevated levels of nutrient element accumulation, including potassium, calcium, magnesium, manganese, and iron, which remained below the standard value. Nonetheless, the extent of toxic substance accumulation in the soil is contingent upon the duration of the plantation period. In primary conclusion, the findings suggest that the effluent wastewater from the tapioca starch industry holds promise for plant cultivation during a drought crisis, as it does not exhibit any significant adverse effects on plant yields and soil quality.

บทคัดย่อ

จากวิกฤติภัยแล้งของประเทศไทย ที่เริ่มทวีความรุนแรงตั้งแต่ปลายปี พ.ศ.2562 อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้น้ำแห้ง ขาดแคลนใช้อุปโภคและบริโภคในทุก ๆ พื้นที่ ดังนั้น การนำน้ำทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาภัยแล้ง งานวิจัยนี้ จึงเป็นการศึกษาผลของการใช้น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อย เปรียบเทียบกับการใช้น้ำผิวดินจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง พบว่า มีค่าพารามิเตอร์ที่เกินมาตรฐาน คือ ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าสารละลายทั้งหมด ค่าบีโอดี และค่าซีโอดี เมื่อนำน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังไปใช้ในการปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 วางแผนทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ปลูกอ้อยโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง 2) ปลูกอ้อยโดยใช้น้ำผิวดิน 3) ปลูกอ้อยโดยน้ำฝนตามสภาพตามธรรมชาติ (ไม่มีให้น้ำเพิ่ม) มีการให้น้ำทุก 7 วัน ตามคู่มือการปฏิบัติงานด้านการคำนวณการใช้น้ำของพืช พบว่า การใช้น้ำทิ้งและน้ำผิวดิน ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อย ได้แก่ ความสูง ความยาวปล้อง จำนวนปล้อง/ลำ น้ำหนักสด/ลำอ้อย น้ำหนักสด/ไร่ มีค่าอยู่ในช่วง 257.8-270 ซม. 8.38-8.94 ซม. 26.83-27.08 ปล้อง/ลำ 1.85-1.87 กก./ลำ และ 16.96-17.30 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สภาพน้ำตามธรรมชาติต้นอ้อยมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตน้อยที่สุด ส่วนค่าความหวานของอ้อยของทั้ง 3 กรรมวิธีการทดลองนั้นไม่แตกต่างกัน (12.38-13.40 องศาบริกซ์) ผลการวิเคราะห์ค่าสารพิษและโลหะหนักต่าง ๆ ทั้งในอ้อยและในดินหลังการเพาะปลูก พบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนการสะสมของธาตุอาหารในดินนั้น พบว่า ทั้ง 3 กรรมวิธีการทดลอง ส่งผลให้

มีปริมาณธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และเหล็กค่อนข้างสูงกว่าก่อนการเพาะปลูก อย่างไรก็ตาม การสะสมของสารตกค้างและโลหะหนักในดิน ขึ้นอยู่กับระยะเวลา จากผลการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกได้ โดยไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างและโลหะหนักในพืชและในดินในระยะเวลาที่ทดลอง

คำสำคัญ: น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง; ธาตุอาหาร; โลหะหนัก; อ้อย; องค์ประกอบผลผลิต

บทนำ

จากการศึกษาข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2563) ประเทศไทยมีโรงงานแป้งมันสำปะหลัง 122 โรงงาน มีโรงงานที่ไม่สามารถระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำได้ (zero discharge) เนื่องจากมีค่าสมบัติของน้ำทิ้งสูงกว่าค่ามาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรม จำนวนทั้งหมด 31 โรงงาน แต่ละโรงงานมีกำลังการผลิตแป้งมันสำปะหลังไม่ต่ำกว่า 200 ตัน/วัน และมีกำลังการผลิตรวม 1.7-2.0 ล้านตัน ในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง 1 ตัน จะเกิดน้ำทิ้งซึ่งมีสารอินทรีย์ปะปน 5.8 ลบ.ม. หลังจากผ่านขั้นตอนของการบำบัดน้ำทิ้งแล้ว จะได้น้ำทิ้งเป็นปริมาณมาก ซึ่งลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งในแต่ละโรงงานส่วนใหญ่จะมีค่า BOD (biochemical oxygen demand) และ COD (chemical oxygen demand) ในบางช่วงค่อนข้างสูง (โสภิดา, 2541) เนื่องจากน้ำทิ้งของโรงงานแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณมาก หลายประเทศจึงได้ให้ความสนใจในการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งของโรงงาน จากรายงานที่ผ่านมา ได้มีการนำน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลังไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ (Setyawaty et al., 2011) ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดน้ำ และปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (Zhou et al., 2012) เห็นได้ว่าน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง สามารถนำมาใช้ส่งเสริมการเจริญของพืชได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังยังสามารถนำมาใช้ในการปลูกหญ้าเนเปียร์ด้วย (Iwai et al., 2015; อาทิตย์, 2559)

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลเพื่อใช้บริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออก ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากกว่า 10 ล้านไร่ โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีพื้นที่ปลูกถึง 42% ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด แต่อ้อยที่ปลูกมักได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และอุ้มน้ำต่ำ รวมทั้งปริมาณน้ำฝนที่น้อย และกระจายตัวไม่สม่ำเสมอในแต่ละเดือน (สุดชล และธีรยุทธ, 2558) ในฤดูการผลิตในปี 2563/64 พบว่า มีผลผลิต 66.67 ล้านตัน ซึ่งนับว่าต่ำสุดในรอบ 10 ปี เนื่องจากได้รับผลกระทบจากวิกฤตภัยแล้ง (สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์, 2565) และการขาดแคลนน้ำมีผลกระทบต่อการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอย่างมาก จึงควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เช่น การหาแหล่งน้ำทดแทน หรือการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้ จึงศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังจาก จ. นครราชสีมา มาใช้ในการปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 ในระดับแปลงทดลอง โดยเปรียบเทียบระหว่างอ้อยที่ปลูกโดยใช้น้ำทิ้ง ใช้น้ำผิวดิน และใช้น้ำฝนตามสภาพธรรมชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการนำน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันมาใช้ประโยชน์ในภาคการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกโรงงานแป้งมันสำปะหลังใน จ. นครราชสีมา ที่ดำเนินมาตรการไม่ระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ เพื่อเป็นตัวแทนของโรงงานแป้งมันสำปะหลังสำหรับศึกษาการนำน้ำทิ้งมาใช้ในการเพาะปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 ทำแปลงทดลองในพื้นที่ปลูกอ้อย จ. นครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มีการให้น้ำอ้อยที่ปลูก 3 กรรมวิธี ทำการทดลองกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 (T1) ใช้น้ำทิ้งจากโรงงาน (น้ำบ่อสุดท้ายที่ผ่านการบำบัดแล้ว)

กรรมวิธีที่ 2 (T2) ใช้น้ำผิวดิน (จากบ่อเก็บน้ำธรรมชาติ)

กรรมวิธีที่ 3 (T3) ใช้น้ำฝนตามสภาพตามธรรมชาติ (ไม่มีให้น้ำเพิ่ม)

การปลูกและการดูแลรักษา

เตรียมพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยการไถดะ (ผาน 3) และไถแปร (ผาน 7) ให้ดินร่วนซุยอีก 1-2 ครั้ง จากนั้นยกร่องแบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 12 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 9 เมตร และยาว 7 เมตร เริ่มปลูกอ้อยในเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2565 โดยปลูกจำนวน 6 แถว ใช้ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 ม. และระหว่างต้น 0.5 ม. ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ใส่ปุ๋ย N-P-K จำนวน 12-6-6 กก./ไร่ แบ่งใส่จำนวนสองครั้ง ครั้งแรกเมื่ออายุ 1 เดือนหลังปลูก โดยใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 7.8 กก./ไร่ ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 30 กก./ไร่ และปุ๋ย 0-0-60 จำนวน 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก โดยใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 7.8 กก./ไร่

ทำการให้น้ำอ้อยที่ปลูกแบบน้ำหยดตามวิธีการคำนวณตามแบบจำลองจากคู่มือการปฏิบัติงานด้านการคำนวณการใช้น้ำของพืช (กรมชลประทาน, 2554) วางผังหัวจ่ายน้ำของระบบน้ำหยดออกแบบได้ตามความเหมาะสมของไร่อ้อย โดยใช้ระบบการปั๊มน้ำผ่านท่อที่มีตัวกรองตะกอนและส่งต่อไปยังระบบน้ำหยด แบ่งให้น้ำทุก 7 วัน โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำฝนร่วมด้วย ในเดือนแรกให้น้ำทุกกรรมวิธีการทดลอง เพื่อให้พืชตั้งตัวได้ ในเดือนที่ไม่มีฝนตก ให้น้ำตามปริมาณที่คำนวณได้ (Table 1) ในเดือนที่ปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 150 มม. ให้น้ำ 50% ของปริมาณน้ำที่พืชต้องการทั้งหมด และในเดือนที่ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 150 มม. ไม่ต้องให้น้ำ

การคำนวณหาการใช้น้ำของพืชจะเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำพืชอ้างอิง ดังนั้น การหาค่าการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ (ET) หาได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$ETc = Kc \times ETp$$

เมื่อ ETc คือ ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม./วัน)

Kc คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient)

ETp คือ ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)

Table 1 Crop water requirement and summary of water quantity supplied for sugarcane throughout the study period in Nakhon Ratchasima province

Data	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Total
ETo Pen-Mon	4.05	4.76	5.11	4.74	4.47	4.35	4.09	3.83	3.82	3.55	-
Kc	0.65	0.86	1.13	1.35	1.56	1.29	1.20	0.93	0.63	0.52	-
ETc (mm/day)	2.63	4.09	5.77	6.40	6.97	5.61	4.91	3.56	2.41	1.85	-
ETc (mm/month)	73.7	126.9	173.2	198.4	209.2	173.9	152.1	106.9	74.6	55.4	1,344.3
Monthly rainfall for 2021	13.2	19.6	229.9	88.2	37.2	201.9	79.2	267.5	242.2	0.0	1,178.9
Water supply for sugarcane (m^3/210 m^2/month)											
-Effluent wastewater (m^3)	15.46	34.10	-	17.55	17.55	-	11.8	-	-	23.64	120.10
-Natural water (m^3)	15.46	34.10	-	17.55	17.55	-	11.8	-	-	23.64	120.10
-Control (rainfed) (m^3)	15.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.46

Note: During the first month of cultivation, natural water was provided for all treatments. If the monthly rainfall is less than 150 mm, the water was supplied at 50% of the water requirement. Conversely, if the monthly rainfall exceeds 150 mm, no additional water was supplied

การเก็บข้อมูล

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังตามวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมของกรมควบคุมมลพิษ (2548) และเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจากบ่อเก็บน้ำธรรมชาติตามวิธีของสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (2553) นำตัวอย่างน้ำผิวดินและนำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยมีพารามิเตอร์ตามเกณฑ์ตัวชี้วัดของ The Food and Agriculture Organization (FAO) (Ayers and Westcot, 1985) และประกาศ กระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2560) ผลของคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองแสดงใน Table 2

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก และหลังเก็บเกี่ยวอ้อย ตามวิธีของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) นำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร สมบัติทางเคมีของดิน วิเคราะห์สารตกค้างและโลหะหนักในดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน พ.ศ. 2564 (มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรมและกิจการอื่น ๆ) และระดับเกณฑ์พื้นฐานของการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินประเทศไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

เก็บข้อมูลอ้อยโดยสุ่มเก็บอ้อยในแต่ละแปลงย่อยจากพื้นที่เก็บข้อมูล 6x5 ม. แปลงละ 20 กอ รวม 80 กอ ในแต่ละกรรมวิธีทดลอง โดยที่อายุ 1 2 4 6 9 และ 12 เดือน เก็บข้อมูลความสูงอ้อย และที่อายุ 12 เดือน เก็บข้อมูลด้านผลผลิต ได้แก่ จำนวนลำ/ไร่ ความยาวปล้อง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนปล้อง/ลำ น้ำหนักสด/ลำอ้อย น้ำหนักสดอ้อย/ไร่ และค่าความหวานของอ้อย (CCS) วิเคราะห์สารตกค้างในอ้อยหลังเก็บเกี่ยวตามมาตรฐานตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) และ Commission of the European Communities (CEC, 1993) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

Table 2 Physicochemical and microbiological characteristics of factory effluent wastewater and natural water

Parameter	Natural water	Factory effluent wastewater	Standard
pH	7.92	8.67	6.5-8.4*
Electrical conductivity (dS/m)	0.24	3.91	0-3**
Total suspended solids (mg/L)	2	214	<50**
Total dissolved solids (mg/L)	150	2,565	<2,000*
BOD_5 (mg/L)	<2	119	<20**
COD (mg/L)	22	464	<120**
Carbonate (mg/L as $CaCO_3$)	<1	3.2	0-1*
Bicarbonate (mg/L as $CaCO_3$)	2.75	21.21	0-10*
Chloride (mg/L)	2.93	6.77	0-30*
Sulfate (mg/L)	0.21	1.17	0-20*
Cyanide (mg/L)	<0.003	0.012	<0.2**
Total phosphorus (mg/L)	<0.01	0.35	-
Phosphate-phosphorus (mg/L)	<0.03	1.063	-
Ammonia-nitrogen (mg/L)	<0.05	7.33	-
Nitrate-nitrogen (mg/L)	0.13	8.667	-
Total nitrogen (mg/L)	9.2	63.33	-
Arsenic (mg/L)	<0.0003	<0.0003	<0.25**
Boron (mg/L)	0.012	0.182	0-2*
Cadmium (mg/L)	<0.003	<0.003	< 0.03**
Calcium (mg/L)	0.78	0.79	0-20*
Chromium (mg/L)	0.001	<0.001	-
Copper (mg/L)	0.005	0.006	<2.0**
Cobalt (mg/L)	<0.003	0.004	-
Total iron (mg/L)	0.16	0.197	-
Lead (mg/L)	<0.0005	<0.005	<0.2**
Magnesium (mg/L)	0.62	4.38	0-5*
Manganese (mg/L)	0.05	0.112	<5.0**
Nickel (mg/L)	<0.004	0.01	<1.0**
Sodium (mg/L)	4.06	7.52	0-40*
Mercury (mg/L)	<0.0005	<0.0005	<0.005**
Zinc (mg/L)	0.009	0.042	<5.0**
Potassium (mg/L)	28.9	485.33	-
Sodium absorption ratio (mg/L)	1.38	4.69	0-15*

*Ayers and Westcot (1985)

**Ministry of Industry (2017)

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณภาพน้ำทิ้งที่ใช้ในการศึกษา

ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังใน จ. นครราชสีมา พบว่า มีค่าความนำไฟฟ้า(electrical conductivity, dS/m) ค่าของแข็งแขวนลอย (total suspended solids, TSS) ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total dissolved solid, TDS) ค่า BOD และ COD เกินค่ามาตรฐานตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2560) การที่ค่าดังกล่าวเกินมาตรฐานนั้น อาจเนื่องมาจากน้ำทิ้งของโรงงานส่วนใหญ่เป็นน้ำทิ้งจากการล้างหัวมันสำปะหลัง กระบวนการผลิต และการล้างเครื่องมือ จึงทำให้ค่าดังกล่าวค่อนข้างสูง ส่วนค่าแร่ธาตุและโลหะต่าง ๆ ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ สังกะสี สารหนู ทองแดง ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว นิกเกิล และแมงกานีส ส่วนค่าวิเคราะห์น้ำผิวดินจากแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า มีปริมาณแร่ธาตุและโลหะต่าง ๆ ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ในน้ำทิ้งจะมีแร่ธาตุและโลหะหนักต่าง ๆ ไม่เกินมาตรฐาน การนำน้ำทิ้งไปใช้ในการเพาะปลูก จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบในระยะยาวด้วย

การเจริญเติบโตของอ้อย

ผลการเจริญเติบโตของอ้อยในแปลงปลูกทดสอบที่อายุ 1 2 4 6 9 และ 12 เดือน โดยวัดจากระดับผิวดินถึงจุดคอใบ พบว่า อ้อยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน และสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ มีผลให้ความสูงอ้อยทุกช่วงอายุหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3, Figure 1) เมื่ออายุ 12 เดือนหลังการปลูก การให้น้ำกับอ้อย

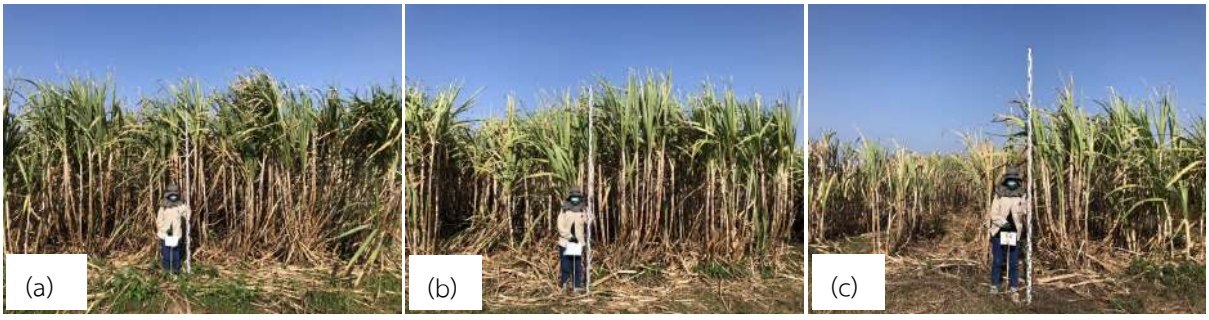

Figure 1 Botanic characteristic of sugarcane KhonKaen3 at 12 months based on factory effluent wastewater supply (a), natural water supply (b), and rainfed supply (c)

Table 3 Stem height of sugarcane at 1, 2, 4, 6, 9 and 12 months after planting

Treatment	Stem height (cm)					
	1 month	2 months	4 months	6 months	9 months	12 months
Effluent wastewater	15.08 a[1/]	23.04 b	51.24 a	132.65 a	252.75 a	270.12 a
Natural water supplies	15.53 a	26.19 a	52.95 a	123.75 a	237.60 a	257.75 a
Control (rainfed)	12.61 b	18.42 c	20.48 b	78.50 b	171.68 b	185.28 b

[1/] Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

ทั้งการใช้น้ำทิ้งและการให้น้ำผิวดินส่งผลต่อการเติบโตของอ้อยดีกว่าการไม่ให้น้ำ (สภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้น้ำทิ้งส่งผลให้อ้อยมีความสูงมากที่สุด 270 ซม. ขณะที่สภาพน้ำฝนตามธรรมชาติมีผลให้ความสูงน้อยที่สุด 185.28 ซม.

องค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

การใช้น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน และสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติส่งผลให้จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) การใช้น้ำทิ้งมีผลให้จำนวนลำต่อไร่มากที่สุด12,855 ลำ/ไร่ ขณะที่สภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ อ้อยมีจำนวนลำต่อไร่น้อยที่สุด 8,906.7 ลำ/ไร่ และการใช้น้ำทิ้งส่งผลให้ความยาวปล้อง จำนวนปล้องต่อลำ น้ำหนักสดต่อลำ และน้ำหนักสดต่อไร่อ้อย 8.94 ซม. 26.83 ปล้อง/ลำ 1.87 กก./ลำ และ 16.94 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้น้ำผิวดิน แต่แตกต่างกับสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ ที่ทำให้ผลผลิตดังกล่าวน้อยที่สุด 7.53 ซม. 24.13 ปล้อง/ลำ 1.09 กก./ลำ และ 6.71 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลางลำและเปอร์เซ็นต์ความหวานของอ้อยจากการทดลองทั้ง 3 กรรมวิธีการทดลองไม่แตกต่างกัน โดยเส้นผ่านศูนย์กลางลำอยู่ในช่วง 2.83-2.93 ซม. และความหวานของอ้อยอยู่ในช่วง 12.38-13.40% จากกรรมวิธีการทดลองที่ใช้น้ำฝนตามสภาพธรรมชาติ เห็นได้ว่า ให้ผลผลิตต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใช้น้ำทิ้งและน้ำผิวดิน เนื่องจาก อ้อยเป็นพืชที่ต้องการน้ำในการเจริญค่อนข้างมาก ตั้งแต่ระยะงอกจนถึงระยะสุกแก่ (ประเสริฐ, 2542) ดังนั้นถ้าอ้อยขาดน้ำจะส่งผลให้อ้อยชะงักการเจริญเติบโตหรือเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตต่ำ (เมธา และคณะ, 2536)

Table 4 Stem height, number of the stem, length of internode, stem diameter, number of internodes, weight and yield of sugarcane production under different water supply

Treatment	Stem height	Stem/rai	Length of internode	Stem diameter	Number of internodes/stem	Weight/ stem	Yield/ rai	CCS
	(cm)	(number)	(cm)	(cm)	(internode)	(kg)	(ton)	(%)
Effluent wastewater	270.12 a[1/]	12,855 a	8.94 a	2.93 a	26.83 a	1.87 a	16.94 a	13.01 a
Natural water supplies	257.75 a	10,133 b	8.38 a	2.93 a	27.08 a	1.85 a	17.30 a	13.40 a
Control (rainfed)	185.28 b	8,907 b	7.53 b	2.83 a	24.13 b	1.09 b	6.71 b	12.38 a

[1/] Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว

จากผลการวิเคราะห์สารตกค้างในลำต้นและใบอ้อย พบว่า การใช้น้ำทิ้งจากโรงงาน น้ำผิวดิน และสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ ส่งผลให้มีปริมาณธาตุหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ธาตุอาหารรอง (แคลเซียม และแมกนีเซียม) และจุลธาตุ (สังกะสี ทองแดง แมงกานีส) สะสมในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยเพียงเล็กน้อย ยกเว้นธาตุเหล็กที่พบการสะสมในลำต้นอ้อยจากการทดลองที่ใช้น้ำผิวดิน (34.29 มก./กก.) และในใบอ้อยจากทุกกรรมวิธีการทดลอง (27.18 31.79 และ 22.39 มก./กก.) (Table 5) ซึ่งมีปริมาณเหล็กเกินค่ามาตรฐาน Commission of the European Communities

(CEC, 1993) โดยพบปริมาณเหล็กที่มีอยู่ในน้ำทิ้งและน้ำผิวดิน 0.197 และ 0.16 มก./ล. ซึ่งปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ตลอดการทดลองเฉลี่ย 98.84 ลบ.ม. ต่อพื้นที่การทดลอง ดังนั้น ปริมาณเหล็กทั้งหมดที่มีในน้ำทิ้งและน้ำผิวดิน 19,471.48 และ 15,814.4 มก./ล. ตามลำดับ รวมทั้งอาจมีการละลายของแร่ธาตุในดินให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ ส่งผลให้มีการสะสมของเหล็กในลำต้นอ้อยและใบเกินค่ามาตรฐาน (Table 5) เช่นเดียวกับกรรมวิธีการทดลองที่ใช้น้ำฝนสภาพตามธรรมชาติ ที่มีการสะสมของปริมาณเหล็กในใบค่อนข้างสูงเช่นกัน เนื่องจากพืชสามารถดูดซับโลหะหนักไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ (เบญจภรณ์ และจิรวีฐ์, 2559) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้ ไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ แต่มีการใช้ปุ๋ยเคมี น้ำทิ้งจากโรงงาน และน้ำผิวดินจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งปริมาณแร่ธาตุที่พบสะสมในอ้อยอาจมีสาเหตุมาจากแร่ธาตุในน้ำที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งปุ๋ยเคมีที่ใช้ ทำให้เกิดการสะสมในดิน พืชดูดซึมและเกิดการสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ส่วนปริมาณโลหะหนักและสารพิษ ได้แก่ สารหนู ไซยาไนด์ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และปรอท พบว่า ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดในทุกกรรมวิธีการทดลอง

Table 5 Nutrient element accumulation, level of toxic substances and heavy metals in sugarcane stem and sugarcane green leaves after harvesting

Parameter	Sugarcane stem			Sugarcane green leaves			Standard value
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Nitrogen (%)	0.10	0.10	0.10	0.30	0.30	0.40	-
Phosphorus (P_2O_5) (%)	0.00	0.00	0.20	0.20	0.40	0.10	-
Potassium (%)	0.31	0.28	0.27	0.68	0.61	0.71	-
Calcium (%)	0.06	0.07	0.06	0.11	0.14	0.12	-
Magnesium (%)	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	-
Zinc (mg/kg)	13.73	14.35	11.2	19.51	15.56	17.57	<150*
Copper (mg/kg)	13.5	11.17	7.23	14.84	10.6	7.46	<20*
Iron (mg/kg)	**9.94**	**34.29**	**14.47**	**27.18**	**31.79**	**22.39**	<20*
Manganese (mg/kg)	8.33	7.9	7.51	11.54	29.06	21.08	-
Cobalt (mg/kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Nickel (mg/kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Cyanide (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
Arsenic (mg/kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<50**
Cadmium (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.2*
Chromium (mg/kg)	2.28	<0.15	<0.15	0.21	0.366	<0.15	-
Lead (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	<0.075	ND	<0.2*
Mercury (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-

*Commission of the European Communities (1993)

**Department of Agriculture (2005)

Note: T1= Effluent wastewater (m^3), T2= Natural water supplies, T3= Control (rain fed)

ND = Not detected

ธาตุอาหารในดินก่อนและหลังการปลูก

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดินหลังปลูกนั้น พบว่า ดินที่ใช้น้ำทิ้ง ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินที่ใช้น้ำผิวดินและดินที่ใช้น้ำฝนตามสภาพธรรมชาติ (Table 6) เนื่องจากในน้ำทิ้งนั้น มีค่าไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตค่อนข้างสูง (3.20 และ 21.21 มก./ล. ตามลำดับ) ซึ่งทั้งไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหนึ่งของความเป็นด่างในน้ำธรรมชาติ จึงทำให้ค่า pH ของน้ำทิ้งค่อนข้างสูง (pH 8.67) ส่งผลให้ค่า pH ของดินที่ใช้น้ำทิ้งมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีการทดลองอื่น ๆ ส่วนค่า BOD และ COD นั้นสูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย ซึ่งค่า BOD บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ หากค่า BOD สูง แสดงว่ามีความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือน้ำสกปรกมาก ส่วนค่า COD บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทางเคมีของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในน้ำ โดยเป็นการประมาณปริมาณทั้งหมดของสารออกซิไดซ์ในน้ำ รวมทั้งสารประกอบที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ค่า COD สูงบ่งชี้ถึงมลพิษทางอินทรีย์ในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้น้ำทิ้งที่มีค่า BOD สูง ๆ จะมีอินทรียวัตถุสูง ส่งผลให้มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำ) (Sánchez et al., 2021) ทำให้กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนตาย แต่ค่า pH ของน้ำทิ้งจากโรงงานในการทดลองนี้ค่อนข้างเป็นด่าง บ่งบอกว่าค่า BOD ในการทดลองนี้ไม่ได้สูงมากจนมีผลต่อค่า pH

ดินจากการใช้น้ำทิ้งมีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่าดินที่ใช้น้ำผิวดิน และดินที่ใช้น้ำฝนตามสภาพธรรมชาติ ซึ่งอาจอธิบายได้ว่า การใช้น้ำทิ้งทำให้เพิ่มการดูดซึมเกลือแอมโมเนียม หรือเกลือของไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำทิ้ง และเพิ่มการตรึงไนโตรเจนโดยกระบวนการ immobilization ซึ่งเป็นการดูดซึมไนโตรเจนอนินทรีย์ในรูป แอมโมเนีย แอมโมเนียม ไนไตรท์ และไนเตรทของจุลินทรีย์ แล้วทำการเปลี่ยนรูปเป็นไนโตรเจนอินทรีย์ (Pierzynski et al., 2000) ส่งผลให้ดินที่ใช้น้ำเสียมีปริมาณไนโตรเจนสูง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นนั้น อาจเนื่องมาจากในน้ำทิ้งมีปริมาณธาตุเหล่านี้สูง จึงทำให้ธาตุดังกล่าวมีปริมาณสูงขึ้นในดินที่ใช้นำทิ้ง (Iwai et al., 2015) เช่นเดียวกับธาตุอาหารอื่น ๆ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส ที่พบในดินที่มีการใช้น้ำทิ้งสูงกว่าการใช้น้ำผิวดิน และน้ำฝนตามสภาพตามธรรมชาติ

นอกจากนี้ยังพบว่า ธาตุเหล็กในทุกกรรมวิธีการทดลอง มีปริมาณค่อนข้างสูง (5,279-5,447 มก./กก.) ซึ่งเนื่องมาจากการชะของน้ำฝน ทำให้มีธาตุเหล็กจากพื้นที่บริเวณใกล้เคียงมาสะสมในบริเวณแปลงทดลอง ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงแร่ธาตุที่อยู่ในดิน ซึ่งอาจละลายออกมาอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้

ส่วนปริมาณโลหะหนักและสารพิษ ได้แก่ สารหนู ไซยาไนด์ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และปรอท พบว่า ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดในทุกกรรมวิธีการทดลองตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน พ.ศ. 2564 (มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ)

ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกอ้อยได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Iwai et al. (2015) ที่นำน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง จ. กาฬสินธุ์ มาใช้ในการ

ปลูกหญ้าเนเปียร์ พบว่า ความเข้มข้นของน้ำเสีย 25-100% สามารถเพิ่มชีวมวลหญ้าเนเปียร์อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสะสมในดิน พบว่า การใช้น้ำทิ้งทำให้ค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นสูงกว่าดินที่ไม่ใช้น้ำทิ้ง โดยปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นมาจากการตรึงไนโตรเจนและการดูดซึมเกลือที่เพิ่มขึ้นของการใช้น้ำทิ้ง ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากปริมาณธาตุดังกล่าวที่มีอยู่ในน้ำทิ้งค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้ดินที่มีการใช้น้ำทิ้งมีปริมาณธาตุเหล่านี้สูงขึ้นด้วย

นอกจากนี้ ยังมีรายงานการนำน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์โดย อาทิตย์ (2559) ได้ศึกษาการนำน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเพื่อปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดินเค็มและผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน โดยใช้ 1) น้ำทิ้งก่อนผ่านการบำบัด 2) น้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด และ 3) น้ำชลประทาน

Table 6 Nutrient element accumulation, level of toxic substances and heavy metals in soil before and after harvesting

Parameter	Result of soil analysis				Standard value
	Before planting	After planting			
		T1	T2	T3	
pH	6.28	7.24	6.54	6.16	-
Electrical conductivity (dS/m)	0.07	0.08	0.06	0.07	-
Organic matter (%)	1.3	0.36	0.41	0.56	-
Total nitrogen (%)	0.07	0.28	0.21	0.21	-
Phosphorus (available) (mg/kg)	22	28	16	20	-
Exchangeable potassium (mg/kg)	109	269	139	137	-
Exchangeable magnesium (mg/kg)	16	77	26	58	-
Total zinc (mg/kg)	12	12	9.9	10	<70**
Total copper (mg/kg)	1.1	3.3	1.8	2	<35,040*
Total iron (mg/kg)	4,200	5,279	5,270	5,447	-
Cyanide (mg/L)	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<138*
Total arsenic (mg/kg)	0.08	0.82	0.69	0.74	<25*
Total cobalt (mg/kg)	1.2	2.1	1.4	1.7	<20**
Total cadmium (mg/kg)	<0.3	0.49	0.21	0.18	<762*
Total lead (mg/kg)	4.3	11	8.5	10	<800*
Total chromium (mg/kg)	5.2	9.4	8.4	8.4	<80**
Total nickel (mg/kg)	1.7	3.1	2.5	2.6	<5,205*
Total mercury (mg/kg)	<0.05	0.16	<0.05	<0.05	<263*
Texture	Sandy Loam				
- Sand (%)	74.86				-
- Silt (%)	15.59				
- Clay (%)	9.55				

*National Environmental Board (2021)

**Department of Agriculture (2007)

(ตัวควบคุม) ซึ่งพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ของน้ำทิ้งก่อนผ่านการบำบัดมีค่าสูงกว่าที่เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งกำหนด ทั้งค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ค่า BOD และค่า COD ส่วนน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด มีค่า BOD และ COD เกินมาตรฐานที่กำหนด ผลการทดลองพบว่า น้ำแต่ละชนิดที่ใช้ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง ทั้งค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าอินทรียวัตถุ (OM) ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) และค่าฟอสฟอรัส (P) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่าโพแทสเซียม (K) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งหลังการปลูกพบว่า ธาตุอาหารในดิน คือ TKN, P มีค่าลดลง และค่า EC ลดลง ส่งผลให้ระดับความเค็มของดินลดลง

ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกอ้อยได้ และให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการใช้น้ำผิวดิน หรือน้ำชลประทาน อย่างไรก็ตาม เมื่อคำนึงถึงผลกระทบในระยะยาว อาจต้องเจือจางน้ำทิ้งตามความเหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของสารหรือธาตุต่าง ๆ ในดิน จนทำให้เกิดพิษต่อพืชได้

สรุปผลการทดลอง

การใช้น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ใน จ. นครราชสีมา ที่ไม่สามารถระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำได้ ในการปลูกอ้อย เปรียบเทียบกับการใช้น้ำผิวดิน และสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ พบว่า การใช้น้ำทั้ง 3 แหล่ง ส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตและผลผลิตแตกต่างกัน โดยภาพรวม การใช้น้ำทิ้งมีผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้น้ำผิวดิน โดยความสูงของอ้อย และน้ำหนักสดต่อไร่ อยู่ในช่วง 257.75-270.12 ซม. และ 16.94-17.30 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่การปลูกในสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ อ้อยมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยที่สุด (185.28 ซม. และ 6.71 ตัน/ไร่) ส่วนเปอร์เซ็นต์ความหวานของอ้อยจากการใช้น้ำทั้ง 3 แหล่ง มีค่าใกล้เคียงกัน (12.38-13.40%) เมื่อวิเคราะห์สารตกค้าง พบว่า การใช้น้ำทั้ง 3 แหล่ง มีปริมาณเหล็กสะสมอยู่ในใบอ้อยเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย (22.39-31.79 มก./กก.) ส่วนโลหะหนักและสารพิษนั้น พบว่า ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพดินหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ในช่วงทำการทดลอง 1 ปี การใช้น้ำทิ้งส่งผลต่อการสะสมของปริมาณธาตุต่าง ๆ และโลหะหนักสูงกว่าน้ำผิวดิน แต่มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปกำหนดเป็นแนวทางหรือแนวคิดของการนำผลการศึกษาไปใช้ในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในภาคการเกษตรในช่วงฤดูแล้งได้

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.อว.(อ)(ภส)/90-2563) ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนการวิจัยในปีงบประมาณ 2563 ขอขอบคุณโรงงานแป้งมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงงาน พื้นที่ทำการทดลอง และได้อำนวยความสะดวกช่วยเหลือดำเนินการในเรื่องต่าง ๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ช่วยให้งานวิจัยลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2560. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560. ประกาศ ณ วันที่ 30 พฤษภาคม 2560. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา วันที่ 7 มิถุนายน 2560.

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. คู่มือปฏิบัติการนักรบสิ่งแวดล้อม. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกรุงเทพฯ. 34 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. วิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ. 58 หน้า.

กรมชลประทาน. 2554. คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช. แหล่งข้อมูล: http://kmcenter.rid.go.th/kchydhome/documents/2554/manual/Manual_07.pdf.,1. สืบค้น: 1 กุมภาพันธ์ 2564.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 121 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2550. ระดับเกณฑ์พื้นฐานของโลหะหนักในดิน และค่าสูงสุดของโลหะหนัก. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 184 หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2563. อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. แหล่งข้อมูล: http://www2.diw.go.th/I_Standard/Web/pane_files/Industry2.asp. สืบค้น: 3 กุมภาพันธ์ 2564.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2564. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน พ.ศ. 2564. ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา วันที่ 11 มีนาคม 2564.

เบญจภรณ์ ประภักดี และจิรวีฐ์ แสงทอง. 2559. แนวทางการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียมด้วยวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากขวดทดลองสู่พื้นที่จริง. วารสารสิ่งแวดล้อม. 20(1): 1-13.

ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2542. อ้อย หน้า 270-295. ใน: พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เมธา จันทร์ชื่น สุรศักดิ์ จอนเจิดสิน และสุทธิวรรณ สุทธิสงค์. 2536. การออกแบบแปลงให้น้ำสำหรับพืชไร่. โครงงานวิทยานิพนธ์ชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุดชล วุ้นประเสริฐ และธีรยุทธ เกิดไทย. 2558. การจัดการดินและน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยตอ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน: รายงานการวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 48 หน้า.

โสภิดา บุญเอนกทรัพย์. 2541. การศึกษาคุณสมบัติน้ำทิ้งในขั้นตอนกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง. หน้า 818-819. ใน: การประชุมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ครั้งที่ 24. ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ.

สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์. 2565. ชาวไร่อ้อยได้ เฮ! อีกครั้ง หลังรัฐสนับสนุนการเข้าถึงเงินทุนในการพัฒนาการทำเกษตร. แหล่งข้อมูล: https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG220605145744588. สืบค้น: 5 กุมภาพันธ์ 2566.

อาทิตย์ หลอกลาง. 2559. การใช้ประโยชน์น้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดินเค็ม. วารสารราชภัฏธนบุรี. 2: 7-22.

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 174 p.

CEC (Commission of the European Communities). 1993. Withdrawal of certain proposal and drafts from the Commission to the Council (93/C 228/04). Office Journal of the European Communities No. C 228/13.

Iwai, C.B., M. Ta-Oun and N. Barry. 2015. Reuse of wastewater from cassava industry for Napier

grass production. International Journal of Environmental and Rural Development. 6(2): 42-47.

Pierzynski, M., J.T. Sims and G.F. Vance. 2000. Soil phosphorus and environmental quality. pp 155-207. In: Soils and Environmental Quality, CRC Press, Boca Raton, USA.

Sánchez, M., O.G. Gonzalo, S. Yáñez, I. Ruiz and M. Soto. 2021. Influence of nutrients and pH on the efficiency of vertical flow constructed wetlands treating winery wastewater. Journal of Water Process Engineering. 42: 102103.

Setyawaty, R., K. Katayama-Hirayama, H. Kaneko and K. Hirayama. 2011. Current tapioca starch wastewater (TSW) management in Indonesia. World Applied Science Journal. 14(5): 658-665.

Zhou, C., S. Xu, M. Zhang, Y. Chen, X. Guan, S. Wu, Z. Bai. 2012. Utilization of sweet potato starch wastewater for biofertilizer production by *Bacillus amyloliquefaciens*. pp. 237. In: WIT Press. Dec. 11, 2012. Southampton, United Kingdom.