

การใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตอ้อยเพื่อลดมลพิษสิ่งแวดล้อม: กรณีอ้อยปลูกปีแรก

Utilization of Distillery Slop for Sugar Cane Production and Environmental Pollution Reduction: Case of First Year Crop

ทัศนีย์ ดิฐกมล¹



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราน้ำกากส่าที่เหมาะสมร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ สำหรับการผลิตอ้อยปลูกเพื่อลดมลพิษสิ่งแวดล้อมจากโรงงานสุรา การทดลองประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ น้ำกากส่า 4 อัตรา ได้แก่ 0, 30, 60, และ 90 ลบ.ม./ไร่ และปุ๋ยเคมี N-P-K 4 สูตร ได้แก่ 0-0-0, 21-0-0, 20-20-0 และ 13-13-21 ในอัตรา 60 กก./ไร่ วางแผนการทดลองแบบ split-plot ใน randomized complete block design ทำซ้ำ 3 บล็อก โดยให้ปุ๋ยเคมีอยู่ใน main plot และน้ำกากส่าใน sub-plot พันธุ์อ้อยที่ใช้ได้แก่พันธุ์เค 88-92 โดยทำการทดลองกับชุดดินมหาสารคาม จังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่า

1. การใส่น้ำกากส่าโดยเฉพาะเมื่อใส่ในอัตราตั้งแต่ 60 ลบ.ม./ไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินโดยช่วยเพิ่มปริมาณของ EC, %OM, K, Mg, Mn, Fe, Cu, S, และ Cl อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่น้ำกากส่าในอัตราต่ำกว่า 90 ลบ.ม./ไร่ ไม่ทำให้จำนวนแบคทีเรียในดินแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่น้ำกากส่าแต่อย่างใด
2. ภายใต้การใส่น้ำกากส่า การใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตร ไม่มีผลแตกต่างทางสถิติต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพความหวานของอ้อยปลูกเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยแต่อย่างใด ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 20-20-0 ภายใต้การไม่ใส่น้ำกากส่าเลย มีอิทธิพลต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อยปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. การใส่น้ำกากส่าในอัตรา 60 และ 30 ลบ.ม./ไร่ มีผลต่อการเพิ่มจำนวนต้นและความสูงของอ้อยเมื่อเทียบกับการไม่ใส่น้ำกากส่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในระยะที่อ้อยมีอายุ 10 เดือนขึ้นไป ในขณะที่การใส่น้ำกากส่าทุกอัตราไม่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบแต่อย่างใด
4. การใส่น้ำกากส่าสามารถทำให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้นกว่าการไม่ใส่น้ำกากส่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่การใส่น้ำกากส่าในอัตราที่ต่างกันไม่ทำให้ผลผลิตอ้อยต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 32.5, 31.3 และ 30.0 ตัน/ไร่ สำหรับการใส่น้ำกากส่าในอัตรา 60, 30, และ 90 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับผลผลิตเฉลี่ย 20.3 ตัน/ไร่ เมื่อไม่มีการใส่น้ำกากส่าเลย
5. การใส่น้ำกากส่าไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพความหวานของอ้อยปลูกแต่อย่างใด

คำสำคัญ: น้ำกากส่า อ้อยปลูก มลพิษสิ่งแวดล้อม

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the appropriate ratio of distillery slop together with different formulas of chemical fertilizer for sugar cane production to reduce the environmental pollution from the distillery plant. A two-factor experiment was conducted on Mahasarakam soil series in Khonkaen Province, using K 88-92 variety of sugar cane. The Split Plot in Randomized Complete Block Design was employed with 3 replications having four kinds of chemical fertilizer, namely 0-0-0 (no fertilizer application), 21-0-0, 20-20-0 and 13-13-21 at the rate of 60 kg/rai as main-plot treatments and four rates of distillery slop, namely, 0 (no slop application), 30, 60 and 90 m³/rai as sub-plot treatments.

Research findings showed as follows:

1. Application of distillery slop at 60 cu.m./rai or higher has significant effect on the increase of EC, %OM, K, Mg, Mn, Fe, Cu, S and Cl in soil while application of 60 cu.m./rai or lower distillery slop does not affect the number of bacteria.
2. In the presence of distillery slop, application of chemical fertilizer does not significantly effect the growth, yield and sweetness quality of sugar cane. However, in the absence of distillery slop, application of 21-0-0 and 20-20-0 N-P-K fertilizer has significant effect on the yield of first year sugar cane.
3. In the presence of fertilizer, application of distillery slop at 60 and 30 cu.m./rai have significant effect on the increase of plant number and stem high, especially at the age of 10 months and over, while application of distillery slop does not have influence on the number of leaf.
4. Application of distillery slop has significantly increased the yield of first year sugar cane but different doses of distillery slop does not make any significant difference on sugar cane production with the average yield of 32.5, 31.3 and 30.0 ton/rai for the application of 60, 30 and 90 cu.m./rai, respectively, while the average yield of 20.3 ton/rai was obtained without application of distillery slop.
5. Application of distillery slop does not affect the sweetness quality of sugar cane.

Keywords: distillery slop, first crop sugar cane, environmental pollution

บทนำ

ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมของน้ำกากส่าซึ่งเป็นน้ำที่เหลือจากการกลั่นสุราของโรงงานสุราทั่วประเทศเป็นที่ตระหนักและได้มีการระดมความคิดจากวิศวกรสิ่งแวดล้อม นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและผู้รู้อื่นๆ หลายฝ่าย เพื่อช่วยกันหาแนวทางในการลดมลพิษสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด โดยฝ่ายผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการจะหาวิธีบำบัดน้ำกากส่าซึ่งมีค่า BOD (Biological Oxygen Demand) สูงถึง 80,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ลดลงได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ซึ่งตามพระราชบัญญัติกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2

พ.ศ. 2539 กำหนดให้น้ำเสียโรงงานสุรามีค่า BOD อยู่ในเกณฑ์ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตรก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ในฝ่ายภาครัฐโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้มีการควบคุมด้วยมาตรการทางกฎหมายอย่างเข้มงวดเพื่อเป้าหมายเดียวกันคือการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน แต่กระนั้นก็ตาม การที่จะบำบัดน้ำกากส่าให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดนั้นไม่ใช่เรื่องง่ายเพราะต้องใช้เทคโนโลยีทันสมัยซึ่งมีราคาแพง เช่น การบำบัดโดยใช้

ออกซิเจน (Azzam and Heikel, 1989; Ryan et al., 1983; Seyfried and Austermann-Haun, 1990) การบำบัดโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Bories et al., 1988; Cail and Barford, 1985; Chanduayvit, 1987; Qureshi, 1977; Ryan et al., 1983; Seyfried and Austermann-Haun, 1990) การบำบัดด้วยเบนโทไนต์ (Buchler, 1989) และการบำบัดโดยใช้หอคอย (Cail and Barford, 1985)

จากการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำกากส่าพบว่า องค์ประกอบของน้ำกากส่ามีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมมีสูงถึง 84,094 มิลลิกรัมต่อลิตร* (ทัศนีย์ และสมบูรณ์, 2547) ดังนั้นการนำน้ำกากส่าไปใช้โดยตรงทางการเกษตร (direct agricultural use: DAU) จึงเป็นวิธีบำบัดน้ำกากส่าที่มีการลงทุนน้อยกว่าวิธีอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้วอย่างมาก และยังไม่มีการปล่อยมลพิษสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (zero discharge) อีกด้วย วิธี DAU นี้จะเหมาะสมกับภาวะเศรษฐกิจของไทยในปัจจุบัน และเป็นการปรับเปลี่ยนแนวคิดของการบำบัดน้ำเสียสู่ศตวรรษที่ 21 ในระดับนานาชาติ โดยสามารถเชื่อมโยงและเกื้อกูลกันระหว่างภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม แต่ทั้งนี้จะต้องมีการศึกษา วิจัยเพื่อให้ทราบ อัตราการใช้กากส่าที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจและนำไปสู่การพัฒนาเพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

อ้อย จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญยิ่งของประเทศไทย แต่การปลูกอ้อยให้ได้ผลผลิตสูง และใช้ต้นทุนต่ำ จะต้องปลูกในดินที่มีลักษณะทางกายภาพเคมี และชีววิทยาที่ดีและเหมาะสม ได้แก่ มีความร่วน ความเหนียว ความโปร่ง มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และ pH ที่เหมาะสม ตลอดจนมีปริมาณของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในดินอย่างพอเหมาะ นับตั้งแต่จุลินทรีย์ตัวเล็กๆ ไส้เดือน ไปจนถึงสัตว์ตัวใหญ่ที่ช่วยในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน (สถาบันวิจัยพืชไร่ กรม

วิชาการเกษตร, 2543) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทั้งชนิดและปริมาณที่ถูกต้องกับชนิดดินและความต้องการของอ้อยจัดเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดีด้วยเช่นกัน (ปรีชา และคณะ, 2535)

การใช้น้ำกากส่าในการเพาะปลูกอ้อยเริ่มมีมานานแล้ว โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศอเมริกาใต้ เช่น บราซิล (Chares, 1985) และได้มีการแพร่หลายไปยังประเทศต่างๆ ที่มีการปลูกอ้อย เช่น อินเดีย ออสเตรเลีย และไต้หวัน เป็นต้น โดยพบว่าเมื่อใส่น้ำกากส่าในอัตรา 150-600 ลูกบาศก์เมตร/เฮกตาร์ ก่อนเริ่มฤดูเพาะปลูก สามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยได้ถึง 30-35% (Scandalaris et al., 1987) และพบว่า ถึงแม้ว่าน้ำกากส่าจะมีปริมาณของบีโอดี (BOD) และซีโอดี (COD) สูงก็ตาม แต่หากใส่น้ำกากส่าในดินทิ้งไว้ 40-60 วัน ก่อนเริ่มการเพาะปลูกจะทำให้ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีลดลงถึงระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออ้อยเลย (Rajukkannu et al., 1996) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำกากส่าในอ้อย ไม่เพียงช่วยเพิ่มธาตุอาหารในอ้อยเท่านั้น แต่ยังช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยอีกด้วย และถ้าเป็นการปลูกอ้อยในดินทรายยังพบว่าช่วยเพิ่มลักษณะทางกายภาพของดินได้ด้วย เช่น ลดความหนาแน่นของดิน ช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น (Subash et al., 2002; Rajukkannu and Manickam 1996; Chares, 1985; Sweeney และ Graetz, 1991; Mattiazo and Gloria, 1985; Anonymous, 1993; Devarajan et al., 1996; Meena et al., 1986; Rajukkannu et al., 1996; Bertranou et al., 1987; Chang and Li, 1988; Samuel, 1986; Pushpavalli et al., 1999; Zalawadia et al., 1996; Devarajan et al., 1993, Devarajan et al., 1998) โดยเฉพาะจากผลงานของ Pushpavalli et al., 2002 ยังพบว่าถ้าใช้น้ำกากส่าร่วมกับปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เหมาะสมจะไม่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงความหวานของอ้อยเลย

ในประเทศไทย ได้มีการทดลองใช้น้ำกากส่าสำหรับการปลูกอ้อยกันพอสมควรและพบว่าน้ำกากส่าช่วยเพิ่มผลผลิตของอ้อยได้ (สุจินต์, 2542) นอกจากนี้

* เฉลี่ย 3 การทดลอง

โรงงานสุรา 13 โรงงานได้มีการทดลองเอาน้ำกากส่ามาใช้ประโยชน์โดยตรงทางการเกษตรแบบลองผิดลองถูก เช่น ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใส่ในแปลงนาและไร่อ้อย ใช้ทำปุ๋ยหมักและอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงปลา ทั้งนี้เพื่อหาทางลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำกากส่าจากโรงงาน และลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากโรงงานนั่นเอง แต่ก็ยังไม่มีการศึกษาในแนวสลับแบบสหวิทยาการเพื่อดูเรื่องผลกระทบต่อดินและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

โครงการวิจัย “การใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตอ้อยเพื่อลดมลพิษสิ่งแวดล้อม” นี้ เป็น การวิจัยแบบสหวิทยาการในแนวสลับ เพื่อหาข้อมูล อัตราส่วนการใช้กากส่าที่เหมาะสมร่วมกับปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตอ้อยที่ปลูกในชุดดินมหาสารคาม ในพื้นที่ปลูกอ้อยใกล้บริเวณโรงงานสุรา จังหวัดขอนแก่น โดยศึกษาคุณภาพน้ำกากส่าทางชีวภาพและทางเคมี ศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งทางเคมีและทางชีววิทยา ในชุดดินมหาสารคามสำหรับการปลูกอ้อย ศึกษาเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนัก สารพิษ ตกค้าง ศัตรูพืช วัชพืช สัตว์เฝ้าดิน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในระยะยาว เพื่อนำเสนอข้อเท็จจริง และประชาสัมพันธ์แก่เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยที่อยู่ใกล้ บริเวณโรงงานสุราดังกล่าว ให้นำกากส่าไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมและถูกวิธี อันจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการลดต้นทุนการผลิต ทั้งนี้ผู้ประกอบการ โรงงานสุราจะได้รับประโยชน์ร่วมด้วยคือสามารถลด ต้นทุนการบำบัดน้ำกากส่า และลดปัญหามลพิษ สิ่งแวดล้อมจากโรงงานลงด้วย โดยการส่งน้ำกากส่าจากโรงงานให้เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยตรง นอกจากนั้น การวิจัยนี้ยังมีทิศทาง การวิจัยที่จะนำประเทศไปสู่การพึ่งตนเองในการทำ เกษตรกรรมที่ยั่งยืนและนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต ส่งผล ให้เกิดความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สังคมเข้มแข็ง สิ่งแวดล้อมดี และได้ข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพในการผลิตอ้อยของ ประเทศไทยในที่สุด

วัตถุประสงค์

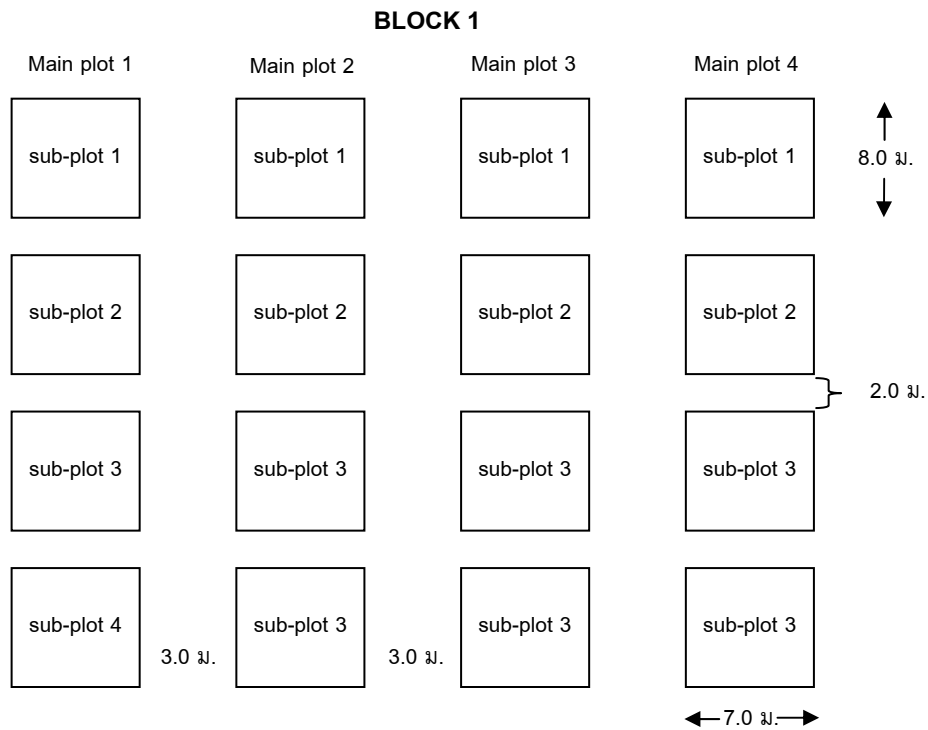
1. เพื่อศึกษาการลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมจาก น้ำกากส่าของโรงงานสุราโดยวิธีการใช้น้ำกากส่า โดยตรงเพื่อการเกษตร (DAU) สำหรับการปลูกอ้อย
2. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำกากส่าในอัตราที่ เหมาะสมร่วมกับปุ๋ยเคมีในชุดดินมหาสารคาม จังหวัด ขอนแก่น สำหรับการเพิ่มผลผลิตอ้อยปลูกปีแรก
3. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของ ดินที่ปลูกอ้อยด้วยน้ำกากส่า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการวิจัย

1.1 การเตรียมพื้นที่แปลงทดลองปลูกอ้อยทำ การเตรียมพื้นที่แปลงทดลองปลูกอ้อยซึ่งเป็นที่ดินของ เกษตรกรในหมู่บ้านหนองบัวบาน ตำบลทรายมูล อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น เนื้อที่ประมาณ 4 ไร่ แปลงทดลองแบ่งออกเป็น 3 บล็อกๆ ละ 4 แปลงใหญ่ (main plot) ในแต่ละแปลงใหญ่แบ่งเป็น 4 แปลงย่อย (sub-plot) ขนาดพื้นที่แปลงละ 56 ตารางเมตร (7 เมตร x 8 เมตร) แต่ละบล็อกมี 16 แปลงย่อย รวมเป็นพื้นที่ ทดลองทั้งหมด 48 แปลงย่อย (ดังรูปที่ 1)

1.2 แผนการทดลองวางแผนการทดลองแบบ split slot ใน randomized complete block design โดย ให้ main plot treatment ประกอบด้วย ปุ๋ยเคมี 4 ชนิด คือ 0-0-0 (F_1) , 21-0-0 (F_2) , 20-20-0 (F_3) และ 13-13-21 (F_4) ในอัตราส่วน 60 กิโลกรัมต่อไร่ และ sub-plot treatment ประกอบด้วย น้ำกากส่า 4 อัตราส่วน ได้แก่ 0 ลบ.ม./ไร่ (S_1) , 30 ลบ.ม./ไร่ (S_2) , 60 ลบ.ม./ไร่ (S_3) และ 90 ลบ.ม./ไร่ (S_4) ทำซ้ำ 3 บล็อก การจัด treatment ลงใน main plot และ sub-plot ของแต่ละ บล็อกทำโดยวิธีสุ่ม (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 1 แผนผังทดลองปลูกอ้อยใน 1 บล็อก

Block 1				Block 2				Block 3			
F ₂	F ₄	F ₁	F ₃	F ₃	F ₂	F ₄	F ₁	F ₂	F ₄	F ₁	F ₃
S ₄	S ₁	S ₁	S ₃	S ₄	S ₃	S ₁	S ₁	S ₃	S ₁	S ₁	S ₄
S ₂	S ₃	S ₂	S ₂	S ₁	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₂	S ₃	S ₁
S ₁	S ₂	S ₃	S ₁	S ₃	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₃	S ₂	S ₂
S ₃	S ₄	S ₄	S ₄	S ₂	S ₄	S ₄	S ₂	S ₂	S ₄	S ₄	S ₃

รูปที่ 2 แผนผังทดลองแบบ split plot ใน randomized complete block design

1.3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1) ใส่น้ำจากสาลงในแปลงย่อย (sub-plot) แต่ละแปลงตามอัตราที่กำหนด ทั้งไว้ 40 วัน แล้วจึงไถพรวนดินด้วยไถจานสลักกับไถหัวหมู หลังจากนั้นจึงทำการยกร่องปลูกในแต่ละแปลงย่อย เป็นจำนวน 6 ร่อง ความยาวร่องละ 8 เมตร ระยะห่างระหว่างร่อง 1.4 เมตร

2) ทำการปลูกอ้อยพันธุ์ เค 88-92 ที่มีอายุครบ 8 เดือน โดยใช้วิธีปลูกแบบวางลำอ้อยทั้งลำในร่อง แล้วใช้จอบสับลำอ้อยเป็น 2-3 ท่อน กลบดินหนาประมาณ 10-15 เซนติเมตร เหยียบให้แน่นพอประมาณ

3) ใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงใหญ่ทั้งหมดตามชนิดปุ๋ยที่กำหนด โดยใช้ครั้งแรกพร้อมปลูก 30 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ครั้งที่ 2 อีก 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเริ่มมีฝน ในเดือนพฤษภาคม

4) ดูแลรักษาอ้อยในแปลงทดลอง ควบคุมวัชพืช โรคและแมลง ตลอดปีเพาะปลูก

5) เก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในแปลงย่อยทั้ง 48 แปลง เมื่ออ้อยมีอายุครบ 12 เดือน

1.4 การเก็บตัวอย่างและข้อมูลจากแปลงทดลอง

1.4.1 เก็บตัวอย่างดินจากแปลงย่อยแต่ละแปลง ทั้ง 48 แปลงๆ ละ 1 กิโลกรัม โดยเก็บทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งแรก เก็บก่อนใส่น้ำจากสา ครั้งที่ 2 เก็บหลังใส่น้ำจากสาแล้ว 40 วัน และครั้งที่ 3 เก็บทันทีหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย รวมตัวอย่างดินที่เก็บทั้งหมดจำนวน 144 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน และจุลินทรีย์ในดิน

1.4.2 เก็บตัวอย่างน้ำจากสาก่อนใส่ในแปลงทดลองโดยเก็บจากรถขนน้ำจากสากทุกคันๆ ละ 1 ลิตร เพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพน้ำจากสาทางเคมีและชีวภาพรวม 30 รายการต่อ 1 ตัวอย่าง

1.4.3 เก็บข้อมูลความเจริญเติบโตของอ้อยในแต่ละแปลงย่อยทุกระยะ 2 เดือน ตลอดปีเพาะปลูก รวม 6 ครั้ง ได้แก่ จำนวนต้นทุกต้นในทุกแถวยกเว้นแถวริมสุดซึ่งถือเป็นแนวกันชน จำนวนใบและความสูงของต้นที่สุ่มเลือกจากทุกแถวยกเว้นแถวริมสุด แถวละ 3 ต้น

1.4.4 เก็บข้อมูลผลผลิตอ้อย โดยชั่งน้ำหนักอ้อยที่ตัดในแต่ละแปลงย่อยในพื้นที่เก็บเกี่ยว 5.6 เมตร x 8.0 เมตร เพื่อนำไปคำนวณผลผลิตอ้อยเป็นตันต่อไร่ ก่อนวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

1.4.5 เก็บตัวอย่างอ้อยที่ชั่งน้ำหนักแล้วในแต่ละแปลงย่อย แปลงละ 6 ลำ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพความหวานของอ้อยในห้องปฏิบัติการ

1.5 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยนำตัวอย่างที่เก็บได้ตามข้อ 1.4 ทั้งดิน น้ำจากสา และอ้อยไปเตรียมตัวอย่างตามวิธีที่กำหนดในห้องปฏิบัติการทั้งทางเคมีและทางชีววิทยา

1.6 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างที่เตรียมแล้วตามข้อ 1.5 ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามกรรมวิธีของรายการที่กำหนด ดังนี้

1.6.1 วิเคราะห์คุณภาพน้ำจากสา จำนวน 28 รายการต่อตัวอย่าง ได้แก่ OC, pH, EC, TDS, SS, TS, VS, COD, BOD, Total Alkalinity, Total Hardness, N, P, K, Cl, S, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb, organophosphate group, carbamate group และ organochlorine group

1.6.2 วิเคราะห์จุลินทรีย์น้ำจากสา 2 รายการ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) และจำนวนเชื้อราทั้งหมด (total fungi)

1.6.3 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน จำนวน 21 รายการต่อตัวอย่าง แยกเป็น

1) วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน 7 รายการ ได้แก่ pH, EC, OM, N, P, K และ CEC

2) วิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อย 9 รายการ ได้แก่ Ca, Mg, Na, Cl, S, Fe, Cu, Mn, และ Zn

3) วิเคราะห์โลหะหนัก 2 รายการ ได้แก่ Cd และ Pb

4) วิเคราะห์สารพิษตกค้าง 3 รายการ ได้แก่ organochlorine group, organophosphate group และ carbamate group (ในกรณีที่พบสารพิษตกค้างในน้ำจากสาเท่านั้น)

1.6.4 วิเคราะห์จุลินทรีย์ดิน 2 รายการ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) และจำนวนเชื้อราทั้งหมด (total fungi)

1.6.5 วิเคราะห์คุณภาพอ้อย (ความหวานของอ้อย) จำนวน 4 รายการต่อตัวอย่าง ได้แก่ บริกซ์ (Brix) โพล (Pol) ไฟเบอร์ (Fiber) และ ซี ซี เอส (CCS)

1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองทางสถิติ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) สำหรับแผนการทดลองแบบ split plot ใน randomized complete block design ดังต่อไปนี้

1.7.1 คุณสมบัติของน้ำกากส่าทางเคมีและชีวภาพจำนวน 30 รายการ (ตามข้อ 1.6.1 และ 1.6.2)

1.7.2 คุณสมบัติของดินทางเคมีและชีวภาพก่อนและหลังใส่น้ำกากส่ารวม 23 รายการ (ตามข้อ 1.6.3 และ 1.6.4)

1.7.3 การเจริญเติบโตของอ้อย 18 รายการ

1.7.4 ผลผลิตอ้อย (น้ำหนักตัน/ไร่) 1 รายการ

1.7.5 คุณภาพอ้อย (ความหวาน) 4 รายการ

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลอง จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลองพบว่า มีความเป็นกรด-ด่างปานกลาง คือมีค่า pH เท่ากับ 8.01 และมีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณสูงได้แก่ โซเดียม (Na) ซึ่งมีอยู่ถึง 20,750 ppm โพแทสเซียม (K) 13,460 ppm คลอไรด์ (Cl) 5,961 ppm ซัลเฟต (S) 5,417 ppm แคลเซียม (Ca) 2,649 ppm แมกนีเซียม (Mg) 1,667 ppm นอกจากนี้ยังพบว่ามีกากตะกอนในรูปของ total dissolved solids (TDS), suspended solids (SS), total solids (TS) และ volatile solids (VS) ปนอยู่ในปริมาณสูงถึง 69,966 ppm 5,144 ppm 75,778 ppm และ 41,833 ppm ตามลำดับ และพบจุลินทรีย์ในรูปของแบคทีเรียในปริมาณ $6.00 \log \text{ no./ml}$ และในรูปของเชื้อราในปริมาณ $4.07 \log \text{ no./ml}$ แต่ไม่พบสารพิษตกค้างในรูปของ organophosphates, organochlorines และ

carbamate แต่อย่างใด ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินและจุลินทรีย์ในดิน

2.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินและจุลินทรีย์ในดินก่อนใส่น้ำกากส่า จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินและจำนวนจุลินทรีย์ในดินก่อนใส่น้ำกากส่าพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างแปลงย่อย (sub-plot) ในทุกๆ แปลงใหญ่ (main-plot) สำหรับค่าคุณสมบัติทางเคมีของดินและจำนวนจุลินทรีย์ในดิน (เชื้อราและแบคทีเรีย) ทุกรายการโดยมีค่าเฉลี่ย (Mean) ดังแสดงในตารางที่ 2

2.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินและจุลินทรีย์ในดินหลังใส่น้ำกากส่า จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินและจุลินทรีย์ในดินหลังใส่น้ำกากส่าแล้ว 40 วัน พบว่าการใส่น้ำกากส่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ CEC, %N, P, Ca, Na, Zn, Cd, Pb และเชื้อรา ในทางสถิติแต่อย่างใด แต่พบว่าการใส่น้ำกากส่ามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ pH, EC, %OM, K, Mg, Mn, Fe, Cu, S, Cl และจำนวนแบคทีเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่วนใหญ่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราน้ำกากส่าที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามการใส่น้ำกากส่าในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติต่อการเพิ่มค่าสมบัติทางเคมีของดินเหล่านี้และการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียในดินแต่อย่างใด

สำหรับกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุต่างๆ และค่าเฉลี่ยของจุลินทรีย์ในดินก่อนและหลังใส่น้ำกากส่าได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-22

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำจากลำน้ำที่ใช้ทำการทดลอง

รายการ	หน่วยวัด	ปริมาณ
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		8.01
อุณหภูมิ (Temperature)	°C	29.10
สภาพการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity, EC)	mS/cm	22.83
ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS)	Ppm	69,966.00
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)	Ppm	5,144.00
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS)	Ppm	75,778.00
ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids, VS)	Ppm	41,833.00
ซีโอดี (COD)	ppm	57,277.00
บีโอดี (BOD)	ppm	24,000.00
สภาพด่าง (Total Alkalinity)	ppm	16,111.00
ความกระด้าง (Total Hardness)	ppm	6,989.00
ไนโตรเจน (Total Nitrogen, N)	ppm	1,276.00
อัตราส่วนคาร์บอน / ไนโตรเจน (C/N ratio)		41:1
คลอไรด์ (Chloride, Cl)	ppm	5,961.00
ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P)	ppm	260.00
ซัลเฟอร์ (Sulfur, S)	ppm	5,417.00
โพแทสเซียม (Potassium, K)	ppm	13,460.00
แคลเซียม (Calcium, Ca)	ppm	2,649.00
แมกนีเซียม (Magnesium, Mg)	ppm	1,667.00
โซเดียม (Sodium, Na)	ppm	20,750.00
เหล็ก (Iron, Fe)	ppm	76.00
สังกะสี (Zinc, Zn)	ppm	4.00
ทองแดง (Copper, Cu)	ppm	0.78
แมงกานีส (Manganese, Mn)	ppm	109.00
แคดเมียม (Cadmium, Cd)	ppm	0.05
ตะกั่ว (Lead, Pb)	ppm	0.83
กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine Group)	ppm	Not Detected
กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate Group)	ppm	Not Detected
กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate Group)	ppm	Not Detected
แบคทีเรียทั้งหมด (Total Bacteria)	log no./ml	6.00
เชื้อราทั้งหมด (Total Fungi)	log no./ml	4.27

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุต่างๆ และค่าเฉลี่ยของจุลินทรีย์ในดิน ก่อนใส่น้ำกากส่า

อัตราการใส่น้ำกากส่า	pH	EC (mS/cm)	%OM	CEC (cmol/kg)	%N
0 (ลบ.ม./ไร่)	5.19 ^a	0.022 ^a	0.75 ^a	4.76 ^a	0.022 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	4.81 ^a	0.023 ^a	0.76 ^a	4.73 ^a	0.021 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	4.78 ^a	0.021 ^a	0.74 ^a	4.95 ^a	0.021 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	5.09 ^a	0.023 ^a	0.72 ^a	4.75 ^a	0.019 ^a
เฉลี่ย	4.97	0.022	0.74	4.80	0.021

อัตราการใส่น้ำกากส่า	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)
0 (ลบ.ม./ไร่)	62.73 ^a	40.51 ^a	489.81 ^a	46.05 ^a	48.94 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	65.66 ^a	43.14 ^a	499.79 ^a	43.10 ^a	47.73 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	56.33 ^a	45.44 ^a	495.82 ^a	46.05 ^a	51.04 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	61.86 ^a	41.53 ^a	466.83 ^a	41.26 ^a	49.28 ^a
เฉลี่ย	61.65	42.66	488.06	44.12	49.25

อัตราการใส่น้ำกากส่า	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)
0 (ลบ.ม./ไร่)	36.18a	41.10a	0.71a	0.66a	0.041a
0 (ลบ.ม./ไร่)	33.14a	37.23a	0.66a	0.78a	0.040a
0 (ลบ.ม./ไร่)	34.86a	36.98a	0.64a	0.80a	0.039a
0 (ลบ.ม./ไร่)	31.20a	37.98a	0.62a	0.85a	0.041a
เฉลี่ย	33.85	38.32	0.66	0.77	0.04

อัตราการใส่น้ำกากส่า	Pb (ppm)	S (ppm)	Cl (ppm)	เชื้อรา (log no./gm)	แบคทีเรีย (log no./gm)
0 (ลบ.ม./ไร่)	3.06 ^a	79.53 ^a	15.57 ^a	2.49 ^a	5.01 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	3.00 ^a	80.94 ^a	14.28 ^a	1.04 ^a	4.27 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	3.02 ^a	78.89 ^a	15.98 ^a	3.03 ^a	4.35 ^a
0 (ลบ.ม./ไร่)	2.91 ^a	81.42 ^a	16.90 ^a	1.82 ^a	3.12 ^a
เฉลี่ย	3.00	80.20	15.68	2.10	4.19

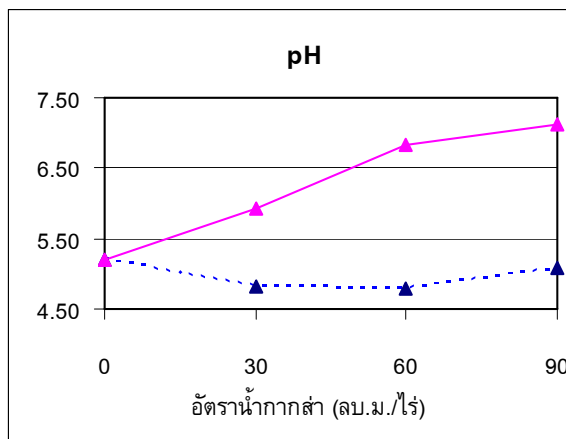
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในสตรมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุต่างๆ และค่าเฉลี่ยของจุลินทรีย์ในดิน หลังใส่น้ำกากส่า

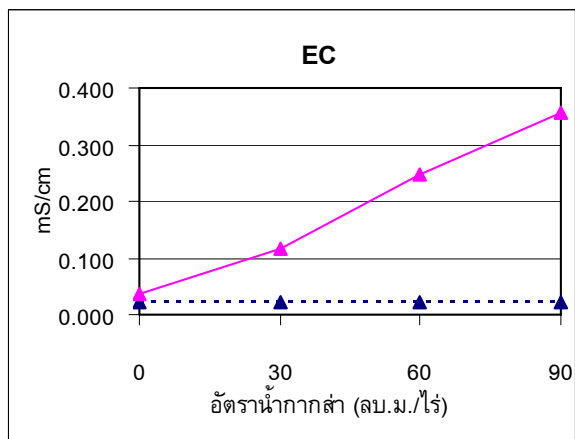
อัตราการใส่น้ำกากส่า	EC		CEC		%N	P	K	Ca	Mg	Na
	pH	(mS/cm)	%OM	(cmol/kg)						
0 (ลบ.ม./ไร่)	5.20 a	0.036 a	0.70 a	4.59 a	0.026 a	75.43 a	120.71 a	267.67 a	51.45 a	70.33 a
30 (ลบ.ม./ไร่)	5.92 b	0.117 b	0.83 b	4.42 a	0.026 a	98.16 a	575.36 b	337.62 a	62.41 a	74.27 a
60 (ลบ.ม./ไร่)	6.83 c	0.246 c	0.87 b	4.67 a	0.029 a	71.25 a	1152.16 c	302.15 a	114.19 b	81.62 a
90 (ลบ.ม./ไร่)	7.12 c	0.358 d	0.90 b	4.70 a	0.028 a	90.05 a	1446.51 d	322.89 a	147.53 c	80.25 a
เฉลี่ย	6.27	0.189	0.83	4.60	0.027	83.72	823.69	307.58	93.90	76.62

(ต่อ)

อัตราการใส่น้ำกากส่า	Mn	Fe	Zn	Cu	Cd	Pb	S	Cl	เชื้อรา	แบคทีเรีย
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(log no./gm)	(log no./gm)
0 (ลบ.ม./ไร่)	41.08 a	46.16 a	0.57 a	0.48 a	0.040 a	4.03 a	77.20 a	15.69 a	2.62 a	5.01 a
30 (ลบ.ม./ไร่)	60.02 b	43.43 a	0.75 a	0.47 a	0.038 a	3.92 a	104.80 b	124.24 b	2.48 a	4.27 ab
60 (ลบ.ม./ไร่)	78.47 c	64.79 b	0.78 a	0.58 b	0.036 a	3.97 a	125.59 b	300.96 c	2.25 a	4.35 ab
90 (ลบ.ม./ไร่)	75.30 c	77.35 b	0.72 a	0.58 b	0.037 a	4.07 a	154.62 c	319.66 c	2.78 a	3.12 b
เฉลี่ย	63.72	57.93	0.71	0.53	0.038	4.00	115.55	190.14	2.53	4.19



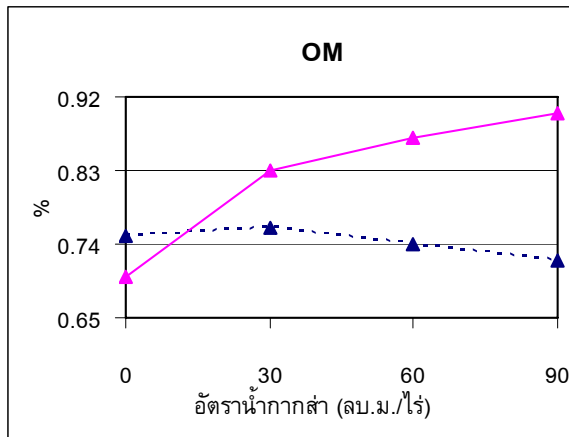
รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ก่อนและหลังใส่น้ำกากส่า



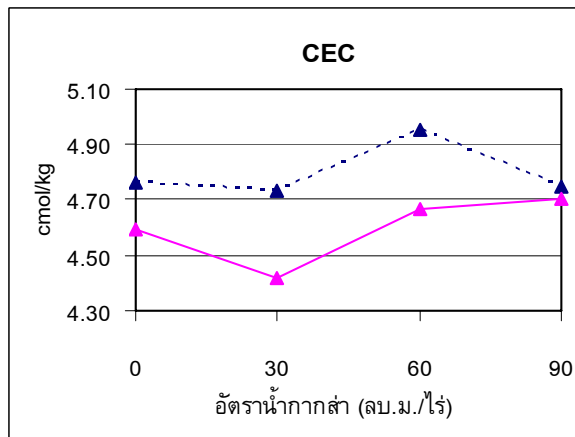
รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EC ก่อนและหลังใส่น้ำกากส่า



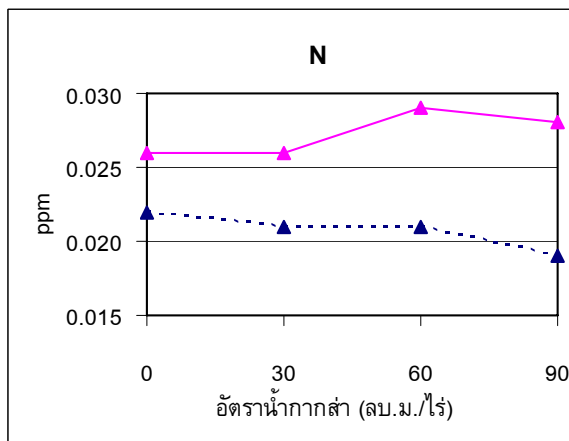
ก่อนใส่น้ำกากส่า
หลังใส่น้ำกากส่า



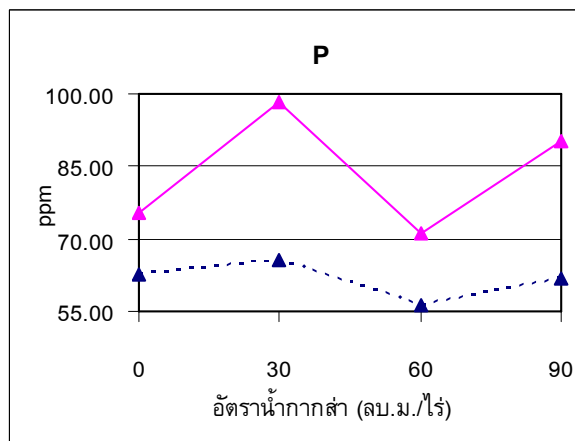
รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย %OM ก่อนและหลังใส่น้ำกาฬ



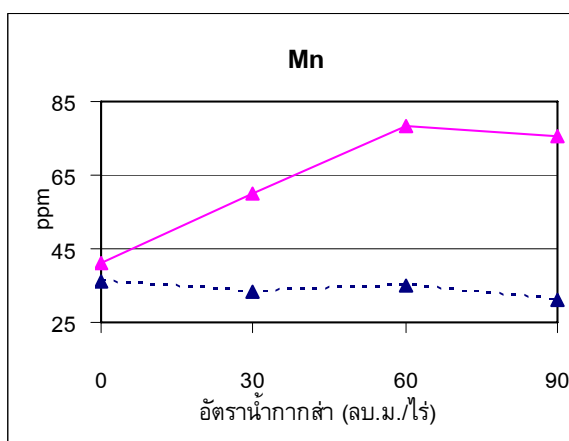
รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย CEC ก่อนและหลังใส่น้ำกาฬ



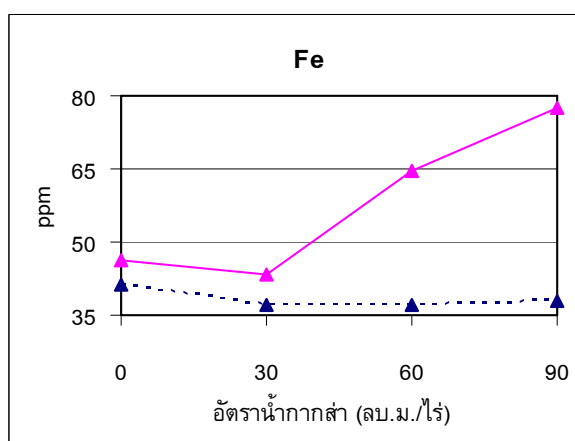
รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย N ก่อนและหลังใส่น้ำกาฬ



รูปที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย P ก่อนและหลังใส่น้ำกาฬ

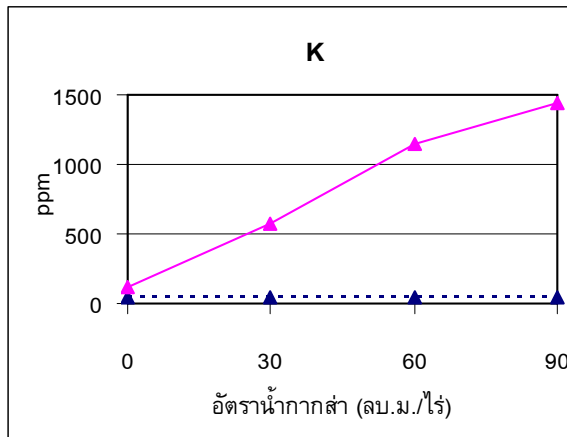


รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Mn ก่อนและหลังใส่น้ำกาฬ

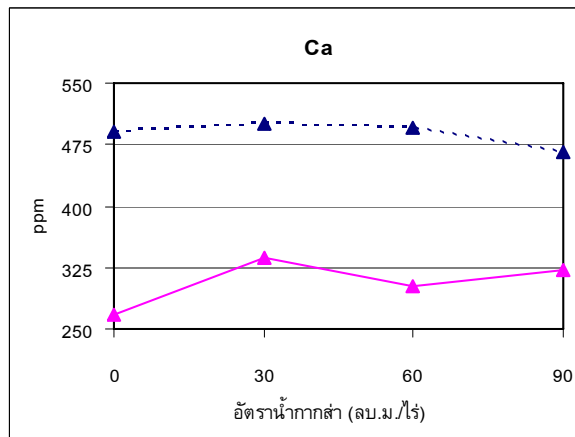


รูปที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Fe ก่อนและหลังใส่น้ำกาฬ

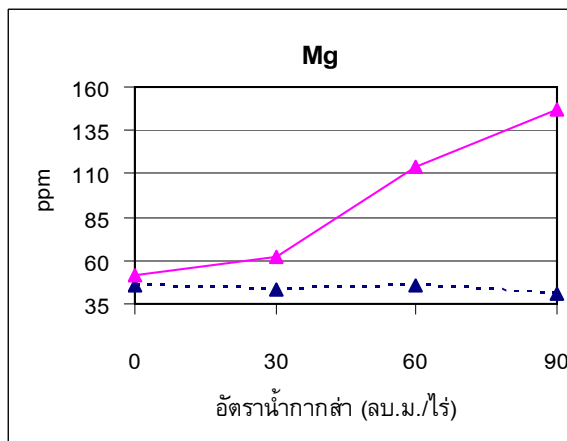
ก่อนใส่น้ำกาฬ
 หลังใส่น้ำกาฬ



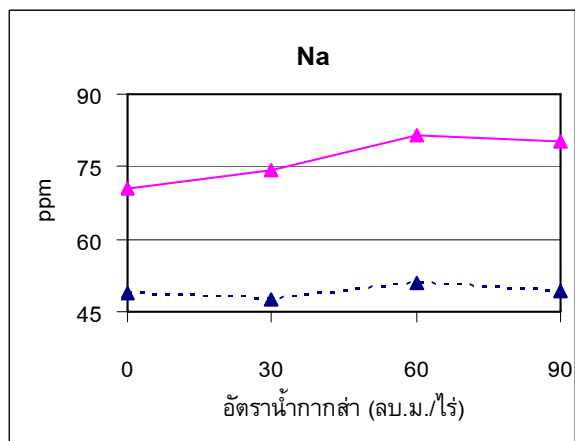
รูปที่ 11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย K ก่อนและหลังใส่น้ำกากระ



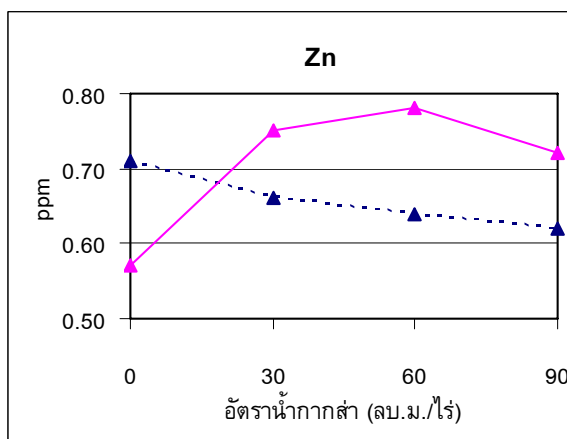
รูปที่ 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Ca ก่อนและหลังใส่น้ำกากระ



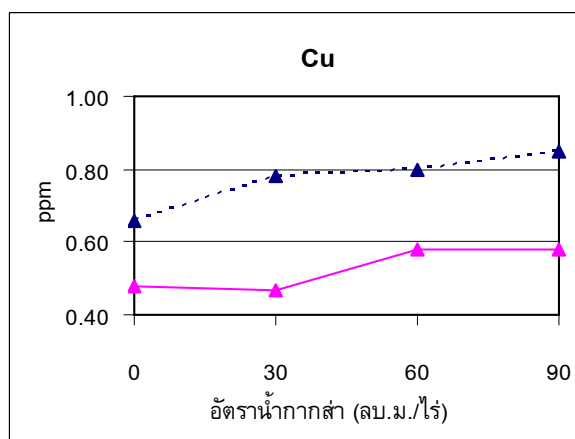
รูปที่ 13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Mg ก่อนและหลังใส่น้ำกากระ



รูปที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Na ก่อนและหลังใส่น้ำกากระ



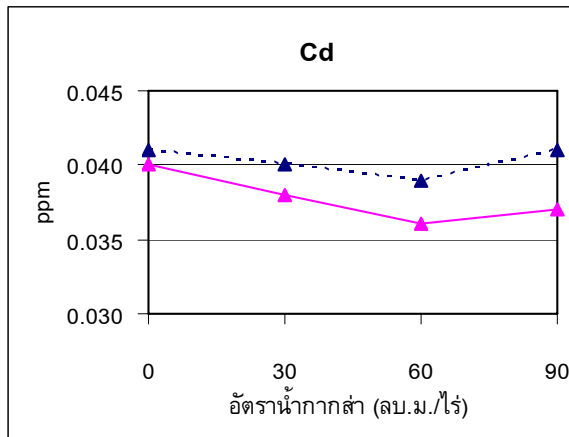
รูปที่ 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Zn ก่อนและหลังใส่น้ำกากระ



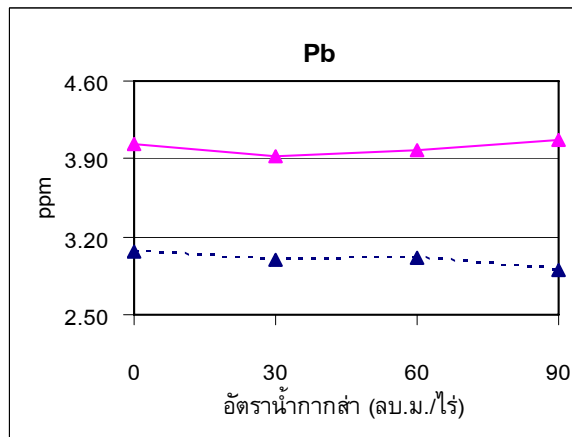
รูปที่ 16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Cu ก่อนและหลังใส่น้ำกากระ



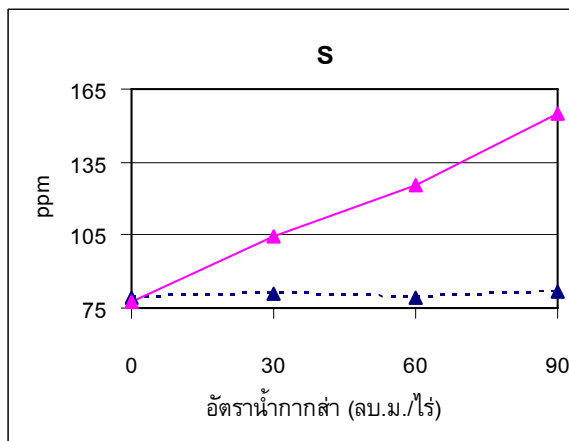
ก่อนใส่น้ำกากระ
หลังใส่น้ำกากระ



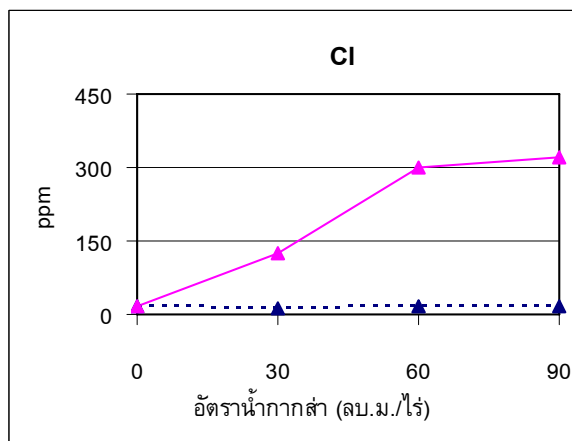
รูปที่ 17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Cd ก่อนและหลังใส่น้ำกาสา



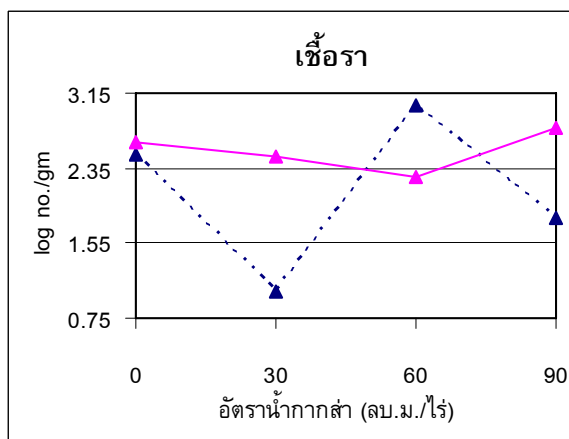
รูปที่ 18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Pb ก่อนและหลังใส่น้ำกาสา



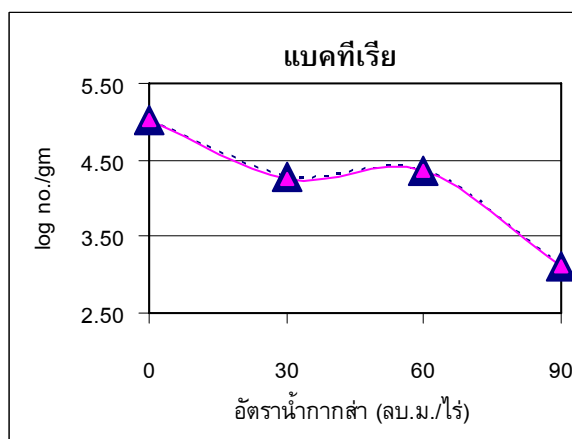
รูปที่ 19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย S ก่อนและหลังใส่น้ำกาสา



รูปที่ 20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Cl ก่อนและหลังใส่น้ำกาสา



รูปที่ 21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเชื้อรา ก่อนและหลังใส่น้ำกาสา



รูปที่ 22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบคทีเรีย ก่อนและหลังใส่น้ำกาสา

 ก่อนใส่น้ำกาสา
 หลังใส่น้ำกาสา

3. ผลการวิเคราะห์ความเจริญเติบโตของอ้อย

จากผลการวิเคราะห์ความเจริญเติบโตของอ้อย ทุกระยะ 2 เดือนนับตั้งแต่เริ่มปลูก โดยวัดจากจำนวน ต้น จำนวนใบ และความสูงของต้น รวม 6 ครั้ง ปรากฏว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 ชนิดและการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติต่อจำนวนต้น จำนวนใบ และความสูงของต้นแต่อย่างใด แต่พบว่าการใส่น้ำกาสทั้ง 3 อัตรา มีผลให้จำนวนต้นของอ้อยมากกว่าการไม่ใส่น้ำกาสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือนขึ้นไป อย่างไรก็ตาม การใส่น้ำกาสในอัตราที่ต่างกันไม่มีผลทำให้จำนวนต้นอ้อยแตกต่างกัน

ทางสถิติแต่อย่างใด ยกเว้นในระยะที่อ้อยมีอายุ 4 เดือน ซึ่งพบว่าการใส่น้ำกาสในอัตรา 30 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ให้จำนวนต้นอ้อยมากกว่าการใส่น้ำกาสในอัตรา 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ สำหรับจำนวนต้นอ้อยเฉลี่ยทุกอัตราการใส่น้ำกาสเมื่ออ้อยมีอายุ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน มีจำนวนเท่ากับ 176, 430, 329, 331, 352, และ 381 ต้นต่อพื้นที่ 44.8 ตารางเมตร ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนต้นอ้อยเฉลี่ยเมื่อไม่มีการใส่น้ำกาสเลยนั้นมีจำนวนเท่ากับ 148, 300, 314, 316, 291 และ 349 ต้นต่อพื้นที่ 44.8 ตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 จำนวนต้นเฉลี่ยของอ้อย ทุกระยะ 2 เดือนตลอดฤดูปลูก

อัตราการใส่น้ำกาส	อายุของอ้อย (เดือน)					
	2	4	6	8	10	12
0 ลบ.ม./ไร่	148 ^b	300 ^a	314 ^{ab}	316 ^{ab}	291 ^c	349 ^b
30 ลบ.ม./ไร่	187 ^a	443 ^a	312 ^{ab}	315 ^{ab}	357 ^{ab}	362 ^{ab}
60 ลบ.ม./ไร่	185 ^a	456 ^a	333 ^a	336 ^a	363 ^a	389 ^a
90 ลบ.ม./ไร่	156 ^b	390 ^b	303 ^b	305 ^b	335 ^b	346 ^b
เฉลี่ย	169.00	397.00	316.00	318.00	336.00	361.00

ค่าเฉลี่ยในสัณฐานเดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

จากผลการวิเคราะห์จำนวนใบของอ้อยทุกระยะ 2 เดือนพบว่า จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเมื่ออ้อยมีอายุ 2 และ 4 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติสำหรับการใส่น้ำกาสทั้ง 3 อัตรา ในขณะที่การใส่น้ำกาสทั้ง 3 อัตรา มีผลทำให้จำนวนใบของอ้อยมากกว่าการไม่ใส่น้ำกาสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่ออ้อยมีอายุได้ 6 เดือนจึงพบว่า จำนวนใบเมื่อใส่น้ำกาส 30 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ เริ่มไม่แตกต่างทางสถิติกับจำนวนใบเมื่อไม่ใส่น้ำกาสในขณะที่การใส่น้ำกาสในอัตรา 60 และ 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ยังคงมีผลทำให้จำนวนใบมากกว่าเมื่อไม่ใส่น้ำกาส และพบว่าเมื่ออ้อยมีอายุ 8 เดือนขึ้นไป การใส่น้ำกาสทั้ง 3 อัตราไม่มีผลทำให้จำนวนใบแตกต่างทางสถิติกับการไม่ใส่น้ำกาสอีกต่อไป สำหรับจำนวนใบของอ้อยเฉลี่ยทุกอัตรา น้ำกาส เมื่ออ้อยมีอายุ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน

มีจำนวนเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 7.39, 17.08, 25.47, 33.88, 42.22 และ 48.89 ใบ ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนใบเฉลี่ยของอ้อยเมื่อไม่ใส่น้ำกาสมีจำนวนเท่ากับ 6.67, 15.33, 23.92, 32.92, 42.42 และ 47.17 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสูงของอ้อย พบว่า เมื่ออ้อยมีอายุได้ 2 เดือน การใส่น้ำกาสในอัตรา 30 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีผลทำให้ต้นอ้อยสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการไม่ใส่น้ำกาส หรือใส่น้ำกาสในอัตรา 60 และ 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ในขณะที่การไม่ใส่น้ำกาสและใส่น้ำกาสในอัตรา 60 และ 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ไม่ทำให้ความสูงของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด ซึ่งความสูงเฉลี่ยต่อต้นของอ้อยเมื่อใส่น้ำกาสในอัตรา 30, 60, 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และไม่ใส่น้ำกาสเลย มีค่าเท่ากับ 8.46, 8.26,

8.14 และ 7.26 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่เมื่ออ้อยมีอายุตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป การให้น้ำกาฬากสาทั้ง 3 อัตรามีผลทำให้ความสูงของอ้อยสูงกว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นเมื่ออ้อยมีอายุ 12 เดือนเท่านั้นที่การให้น้ำกาฬากสาในอัตรา 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ไม่ทำให้ความสูงของอ้อยแตกต่างทางสถิติกับการไม่ให้น้ำกาฬากสา นอกจากนี้การให้น้ำกาฬากสาทั้งสามอัตรา ก็ไม่ทำให้ความสูงของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด ยกเว้นเมื่ออ้อยมีอายุ 8 เดือนที่การให้น้ำกาฬากสาในอัตรา 30 และ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ทำให้อ้อยมีความสูงมากกว่าการไม่ให้น้ำในอัตรา 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับความสูงของอ้อยเมื่ออายุ 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน เฉลี่ยทุกอัตรากาฬากการให้น้ำกาฬากสา มีค่าเท่ากับ 40.46, 162.86, 284.20, 346.64 และ 382.39 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ความสูงของอ้อยเมื่อไม่มีการให้น้ำกาฬากสา มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 24.90, 123.85, 240.87, 314.95 และ 352.03 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

4. ผลการวิเคราะห์ผลผลิตของอ้อยปลูก

จากผลการวิเคราะห์ผลผลิตของอ้อยปลูกพันธุ์ เค 88-92 ที่มีอายุครบ 12 เดือนพบว่าภายใต้การให้น้ำกาฬากสา การใส่ปุ๋ยเคมีทั้งสามชนิดและการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

ไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติต่อผลผลิตของอ้อยปลูกแต่อย่างใด แต่เมื่อไม่มีการให้น้ำกาฬากสาพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 20-20-0 ให้ผลผลิตอ้อยปลูกสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับภายใต้การใส่ปุ๋ยเคมีพบว่า การให้น้ำกาฬากสาทั้งสามอัตราให้ผลผลิตของอ้อยปลูกสูงกว่าเมื่อไม่ให้น้ำกาฬากสาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การให้น้ำกาฬากสาทั้งสามอัตราไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติต่อผลผลิตของอ้อยปลูกผลแตกต่างกันทางสถิติต่อผลผลิตของอ้อยปลูกแต่อย่างใด โดยให้ผลผลิตสูงถึง 32.5, 31.35 และ 30.0 ตันต่อไร่ สำหรับการให้น้ำกาฬากสาในอัตรา 60, 30 และ 90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยทุกอัตรากาฬากการให้น้ำกาฬากสา เท่ากับ 31.2 ตันต่อไร่ ในขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยเมื่อไม่มีการให้น้ำกาฬากสาอยู่ที่ 20.3 ตันต่อไร่ ทั้งนี้โดยไม่มีปฏิสัมพันธ์กับชนิดของปุ๋ยเคมีที่ใส่รวมแต่อย่างใด กล่าวคือ ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยเคมีสูตรใดหรือไม่ใส่เลยก็ตาม อิทธิพลของน้ำกาฬากสาต่อผลผลิตของอ้อยปลูกก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 7 และรูปที่ 23)

ตารางที่ 5 จำนวนใบเฉลี่ยของอ้อย ทุกระยะ 2 เดือนตลอดฤดูปลูก

อัตราการให้น้ำกาฬากสา	อายุของอ้อย (เดือน)					
	2	4	6	8	10	12
0 ลบ.ม./ไร่	6.67 ^b	6.67 ^b	6.67 ^b	6.67 ^b	6.67 ^b	6.67 ^b
30 ลบ.ม./ไร่	7.25 ^a	7.25 ^a	7.25 ^a	7.25 ^a	7.25 ^a	7.25 ^a
60 ลบ.ม./ไร่	7.42 ^a	7.42 ^a	7.42 ^a	7.42 ^a	7.42 ^a	7.42 ^a
90 ลบ.ม./ไร่	7.50 ^a	7.50 ^a	7.50 ^a	7.50 ^a	7.50 ^a	7.50 ^a
เฉลี่ย	7.21	7.21	7.21	7.21	7.21	7.21

ค่าเฉลี่ยในสตรมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

ตารางที่ 6 ความสูงเฉลี่ยของอ้อย (เซนติเมตร) ทุกระยะ 2 เดือนตลอดฤดูปลูก

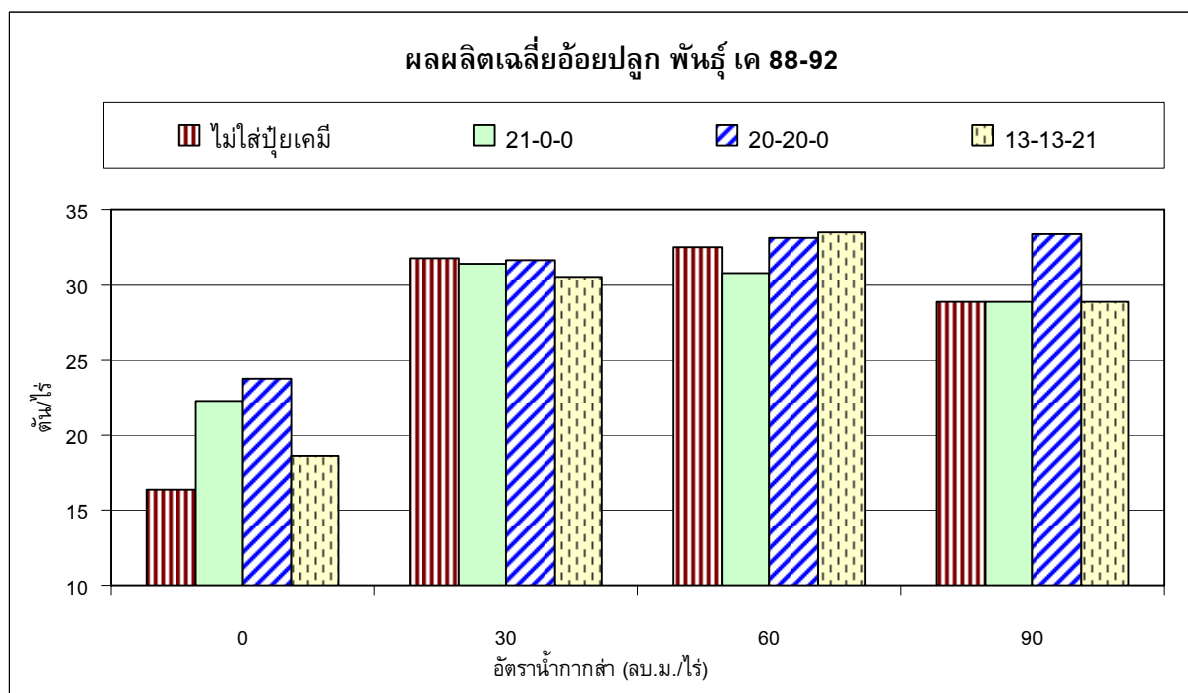
อัตราการให้น้ำกาฬสำ	อายุของอ้อย (เดือน)					
	2	4	6	8	10	12
0 ลบ.ม./ไร่	7.26 ^b	24.90 ^b	123.85 ^b	240.87 ^b	314.95 ^b	352.03 ^b
30 ลบ.ม./ไร่	8.26 ^b	38.75 ^a	163.69 ^a	291.71 ^a	350.40 ^a	382.94 ^a
60 ลบ.ม./ไร่	8.46 ^a	41.21 ^a	164.95 ^a	289.33 ^a	351.82 ^a	392.16 ^a
90 ลบ.ม./ไร่	8.14 ^b	41.42 ^a	159.96 ^a	271.58 ^b	337.69 ^a	372.06 ^{ab}
เฉลี่ย	8.03	36.57	153.11	273.37	338.71	374.80

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

ตารางที่ 7 ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยปลูกพันธุ์ เค 88-92 เมื่ออายุครบ 12 เดือน (ตัน/ไร่)

อัตราการให้น้ำกาฬสำ	ชนิดของปุ๋ยเคมี (N-P-K)				
	ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี	21-0-0	20-20-0	13-13-21	เฉลี่ย
0 ลบ.ม./ไร่	16.4133 ^b	22.2467 ^a	23.7433 ^a	18.6867 ^{ab}	20.2725
30 ลบ.ม./ไร่	31.6933 ^a	31.4367 ^a	31.5700 ^a	30.5133 ^a	31.3033
60 ลบ.ม./ไร่	32.5033 ^a	30.7033 ^a	33.1533 ^a	33.4467 ^a	32.4517
90 ลบ.ม./ไร่	28.8133 ^a	28.8433 ^a	33.3200 ^a	28.8700 ^a	29.9617
เฉลี่ย	27.3558 ^a	28.3075 ^a	30.4467 ^a	27.8792 ^a	28.4973

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกันและค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่อยู่ในเส้นกำกับเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%



รูปที่ 23 ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยปลูกพันธุ์ เค 88-92 เมื่ออายุครบ 12 เดือน (ตัน/ไร่)

5. ผลการวิเคราะห์ค่าความหวานของอ้อยปลูก

จากผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหวานของอ้อยปลูกที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลอง ซึ่งได้แก่ บริกซ์ (Brix) โพล (Pol) ไฟเบอร์ (Fiber) และซีซีเอส (CCS) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทั้งสามอัตราและการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติต่อค่าความหวานของอ้อยแต่อย่างใด และการใส่น้ำกากส่าทั้งสามอัตราและการไม่ใส่น้ำกากส่าก็ไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติต่อคุณภาพความหวานของอ้อยเช่นกัน สำหรับค่าของบริกซ์เฉลี่ยทุก

อัตราการใส่น้ำกากส่ามีค่าเท่ากับ 19.52 เทียบกับ 19.81 เมื่อไม่ใส่น้ำกากส่า ค่าของโพลเฉลี่ยทุกอัตราการใส่น้ำกากส่าเท่ากับ 16.19 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเมื่อไม่ใส่น้ำกากส่าเท่ากับ 16.32 ค่าของไฟเบอร์เฉลี่ยทุกอัตราการใส่น้ำกากส่าเท่ากับ 9.45 เทียบกับ 10.40 เมื่อไม่ใส่น้ำกากส่า และค่าของซีซีเอสเฉลี่ยทุกอัตราการใส่น้ำกากส่าเท่ากับ 12.21 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเมื่อไม่ใส่น้ำกากส่ามีค่าเท่ากับ 12.12 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพความหวานของอ้อยปลูกพันธุ์ เค 88-92 เมื่ออายุครบ 12 เดือน

อัตราการใส่น้ำกากส่า	% บริกซ์	% โพล	% ไฟเบอร์	% ซีซีเอส
0 ลบ.ม./ไร่	19.81 ^a	16.32 ^a	10.40 ^a	12.12 ^a
30 ลบ.ม./ไร่	19.64 ^a	16.38 ^a	9.57 ^{ab}	12.41 ^a
60 ลบ.ม./ไร่	19.37 ^a	15.85 ^a	9.26 ^b	11.87 ^a
90 ลบ.ม./ไร่	19.55 ^a	16.32 ^a	9.51a ^b	12.37 ^a
เฉลี่ย	19.59	16.22	9.69	12.19

ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์เดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

สรุปและวิจารณ์ผล

จากผลการวิเคราะห์ความเจริญเติบโตของอ้อยและการวิเคราะห์ผลผลิตของอ้อยปลูก สรุปได้ว่าน้ำกากส่าซึ่งเป็นน้ำเสียจากโรงงานสุรานั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยตรงได้จริงสำหรับการผลิตอ้อย และแม้ว่าค่า EC ในน้ำกากส่าจะสูงถึง 22.83 mS/cm ก็ตาม แต่หลังจากใส่ทิ้งไว้ในแปลงทดลอง 40 วัน ค่า EC ก็ลดลงเหลือสูงสุดเพียง 0.34 mS/cm จึงไม่มีปัญหาในเรื่องความเค็มของดินแต่อย่างใด ผลการวิจัยได้ชี้ให้เห็นว่าการใส่น้ำกากส่าช่วยให้อ้อยปลูกมีการเจริญเติบโตดีกว่าการไม่ใส่น้ำกากส่าทั้งในด้านของจำนวนต้นและความสูงของอ้อยโดยเฉพาะเมื่ออ้อยมีอายุตั้งแต่ 6 เดือนขึ้นไปจนถึงกำหนดเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 12 เดือน ซึ่งอัตราการใส่น้ำกากส่าที่ทำให้จำนวนต้นและความสูงของอ้อยดีที่สุดได้แก่อัตรา 60 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ โดยให้จำนวนต้นเฉลี่ยเมื่อถึงกำหนดเก็บเกี่ยวเท่ากับ 394 ต้น เทียบกับ 304 ต้น เมื่อไม่มีการใส่น้ำกากส่า และความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 392.16 เซนติเมตร

เทียบกับ 352.03 เซนติเมตร เมื่อไม่ใส่น้ำกากส่า ซึ่งผลดังกล่าวนี้เป็นที่สนใจของเกษตรกรชาวไร่อ้อยในบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ทำการทดลองเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรในตำบลทรายมูล อำเภอหนอง จังหวัดขอนแก่นที่ได้รับเชิญให้มาเยี่ยมชมแปลงทดลอง นอกจากนี้ยังปรากฏชัดว่าการใส่น้ำกากส่ามีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเพิ่มผลผลิตของอ้อยปลูกพันธุ์ เค 88-92 โดยเฉพาะเมื่อใส่ในอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ให้ผลผลิตสูงสุดถึง 33.5 ตันต่อไร่เมื่อใส่ปุ๋ยสูตร 20-20-0 และแม้จะไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลยก็ให้ผลผลิตสูงถึง 32.5 ตันต่อไร่ ในขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยทุกชนิดการใส่ปุ๋ยเมื่อไม่ใส่น้ำกากส่าเลยให้ผลผลิตเพียง 20.3 ตันต่อไร่ ซึ่งผลการวิจัยนี้จะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยน้อยลงหรือไม่ต้องใช้เลย ขณะเดียวกันการใส่น้ำกากส่าก็ไม่ได้ทำให้คุณภาพความหวานของอ้อยลดลงจากปกติแต่อย่างใด นอกจากนี้ยังช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดีขึ้นด้วย โดยช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชที่สำคัญอย่างเช่นโพแทสเซียมซึ่ง

เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยถึง 8.8 เท่า เทียบกับเมื่อไม่ใส่น้ำกาก
 สำ ผลการวิจัยนี้นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร
 ชาวไร่อ้อยในการใช้น้ำกากสำเพื่อเพิ่มผลผลิตแล้วยัง
 เป็นประโยชน์ในแง่ของการช่วยลดมลพิษสิ่งแวดล้อมใน
 โรงงานสุราและบริเวณใกล้เคียงจากการที่โรงงานสุรา
 สามารถนำน้ำกากสำไปให้เกษตรกรใช้โดยตรงในการ
 ผลิตอ้อยก่อนทำการบำบัด และยังช่วยลดมลพิษ
 สิ่งแวดล้อมในไร่นาจากการที่เกษตรกรสามารถใช้
 ปุ๋ยเคมีน้อยลงหรือไม่ใช้เลย

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ ดิฐกมล และสมบูรณ์ แก้วปั้นทอง. 2547.
 ประโยชน์ของน้ำกากสำสำหรับการผลิตข้าว
 จังหวัดขอนแก่น.วารสารวิจัย มหาวิทยาลัย
 รามคำแหง ปีที่ 7 ฉบับพิเศษ : 132-151.
- ปรีชา พรหมณีย์ ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ จักรินทร์
 ศรัทธาพร อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และชนิด
 โสภโนตร. 2535. การศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสด
 ร่วมกับปุ๋ยเคมีก่อนการปลูกอ้อยเพื่อเพิ่มผลผลิต
 ของอ้อย ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2535,
 อ้อย. 200-216. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร
 สถาบันวิจัยพืชไร่.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2543. อ้อย. กรมวิชาการเกษตร
 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. 2542. การใช้น้ำเสียเพื่อ
 การเกษตร. วารสารสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัย
 สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3(13)
 : 35-41.
- Anonymous. 1993. Final report submitted by
 Department of Environmental Sciences.
 Tamil Nadu Agricultural University,
 Coimbatore-3.
- Azzam, A. M. and Y. A. Heikel. 1989. Aerobic
 Treatment of Molasses Distillery Waste
 Water and Biomass Production. J. Environ.
 Sci. Health, A 24 (8) : 967-978.
- Bertranou, A. V., C. Fasiola, M. Jauregui and O.
 Valez. 1987. Wat. Sci. Tech. 19: 1243-1246.
- Bories, A., J. Raynal and F. Bazile. 1988.
 Anaerobic digestion of high-strength distillery
 wastewater (Cane Molasses Stillage) in a
 Fixed-Film Reactor. Biological Wastes. 23:
 251-267.
- Buchler, P. M. 1989. The Treatment of
 wastewaters from sugar cane alcohol
 production with modified bentonites. Wat.
 Sci. Tech., Vol. 21: 1845-1847.
- Cail, R. G. and J. P. Barford. 1985. A Comparison
 of an Upflow Floc (Tower) Digester and
 UASB System Treating Cane Juice Stillage.
 Agricultural Wastes. Vol. 14: 291-299.
- Chang, S. J. and S. W. Li. 1988. Ann. Rpt. Taiwan
 Sugar Res. Inst. 11-12.
- Chanduvayvit, V. 1987. Sugar cane distillery slop
 treatment using the upflow anaerobic sludge
 blanket process. Seminar on Biogas Reactor
 Design and Development, Bangkok.
- Chares, S. 1985. In Sugarcane, 1987. No.1. 20 p.
- Devarajan, L., G. Rajannan, G. Ramanathan and
 G. Oblisami. 1993. SISSTA Sugar J. 20 (3):
 23-25.
- Devarajan, L., G. Rajannan and G. Oblisami. 1996.
 Proc. Nat. Symp. On use of distillery and
 sugar industry wastes in agriculture. 28th &
 29th October, AC & RI, Trichy : 80-88.
- Devarajan, L., G. Rajannan and G. Oblisami. 1998.
 National Seminar on application of treated
 effluent for irrigation held at Regional
 Engineering College, Trichy.
- Mattiazio, M. E. and N. A. Gloria. 1985. STAB
 (Portugese) 4: 38-40.
- Meena, M. A., C. Martinez and A. Noa. 1986. 11th
 changes in the organic fraction and
 biological activity. Cien. Agric. 29: 122-127.

- Pushpavalli, R., P. Kotteeswaran, M. Krishnamurthi and P. Parameswaran. 1999. Second International Conference on contaminants in the Soil Environment in the Australasia-Pacific region, 12-17 December, NewDelhi.
- Pushpavalli, R., and Kotteeswaran P., Krishnamurthi M. and Parameswaran P. 2002. On Effect of treated distillery effluent application on Soil and yield of sugarcane at Nellikuppam in Tamil Nadu, India. Proc. & World Congress of Soil Science 17th :1-5.
- Qureshi, M. S. 1977. A Study of Cane Sugar Wash treatment. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Rajukkannu, K., and T. S. Manickam. 1996. On use of distillery and sugar industry wastes in agriculture. Proc. Nat. Symp. 28th & 29th October, 1996. AC & RI, Trichy : 23-29.
- Rajukkannu, K., and T. S. Manickam, K. Shanmugam, A. Chandrasekaran and R. Gladis. 1996. On Use of Distillery and Sugar Industry Wastes in Agriculture. Proceedings of National Symposium on 28th & 29th October. AC & RI, Trichy. NewDelhi : 30-39.
- Ryan, C. C., J. A. Wilson, T. S. Morney and P. J. Wethereld. 1983. Ethanol from Sugar Cane. Final Report, Commonwealth of Australia, National Energy Research, Development and Demonstration Program. End of Grant Report 206: 98.
- Samuel, G. 1986. Proc. Inter-Amen. Sugarcane seminar: 245-252.
- Scandaliaris, J., C. N. Dantur and M. Roncedo. 1987. Revista Industrial Agricola de Tucuman. 64: 1-44.
- Seyfried, C. F. and U. Austermann-Haun. 1990. Large-Scale Anaerobic/Aerobic Treatment Plants for Wastewaters from a Molasses Distillery, a Pectin Factory, and Starch Factories. Wat. Sci. Tech., Vol. 22, No.1/2: 353-360.
- Subash Chandra Bose M., Gopal H., Baskar M., Kayalvizhi C. and Sivanandham M. 2002. Proc. World Congress of Soil Science 17th . On Utilization of distillery effluent in coastal sandy soil to improve soil fertility and yield of sugarcane at Anbil in Tamil Nadu, India. 14th – 21st August, 2002: 1-8.
- Sweeney, D. W. and D. A. Graetz. 1991. Agriculture, Ecosystems and Environment. 33: 341-351.
- Zalawadia, N. M., R. G. Patil and S. Raman. 1996. Journal of the Indian Society of Soil Science 44 (4): 802-804.

