

ประสิทธิผลทางการเกษตรและความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจของปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยในอ้อย

Agronomic Effectiveness and Economical Worthiness of Controlled Release – Nano Material Coated Chemical Fertilizers in Sugar Cane

นาวา ทวีชาโรดม^{1*}, ปิยะ ดวงพัตรา², ปิติ กันตังกุล³ และจutama ร่มแก้ว⁴

Nava Tawicharodom^{1*}, Piya Duangpatra², Piti Kantungkul³ and Jutamas Romkaew⁴

บทคัดย่อ: การศึกษาผลการใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดำเนินการปลูกทดลองต้นฤดูฝน 2559 ในแปลงเกษตรกรในอำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 6 ตำรับทดลอง ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา และใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย ในอัตรา ระยะเวลาลงปลูก และจำนวนครั้งในการใส่ปุ๋ยเคมีที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ศึกษา ได้แก่ ความสูงลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนลำ/ไร่ น้ำหนักลำ ผลผลิตอ้อยสด และน้ำตาล/ไร่ ค่าเปอร์เซ็นต์ซีซีเอส (CCS) บริกซ์ (Brix) โพล (Pol) เส้นใย (Fiber) และ ความบริสุทธิ์ (Purity) ของน้ำตาลที่ระยะเก็บเกี่ยว อ้อยปลูกแสดงการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 2 ประเภทอย่างมีนัยสำคัญ และการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตอ้อยสด และผลผลิตน้ำตาลได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา การใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยสูตร 12-12-12 อัตรา 66 กก./ไร่ ที่อายุ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับ ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย สูตร 41-0-0 อัตรา 23 กก./ไร่ ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก มีผลผลิตอ้อยสดสูงสุดที่ 9.64 ตัน/ไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยที่ทำให้การผลิตอ้อยมีรายได้สุทธิสูงสุด 4,744 บาท/ไร่ คือ การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยสูตร 12-12-12 อัตรา 33 กก./ไร่ ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพทางการเกษตร, ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ, ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย, อ้อย

ABSTRACT: A field trial to study effects of controlled release – nano material coated chemical fertilizers on growth, yield and economic worthiness of sugar cane variety Khon Kaen 3 was carried out during wet season 2016 in farmer’s field in Khon Kaen province. The experimental

Received July 13, 2018

Accepted October 16, 2018

¹ สาขาวิชาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900 Sustainable Land Use and Natural Resource Management Center, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

³ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

⁴ ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

Department of Agronomy, Faculty of Agricultural at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140 Thailand

* Corresponding author: nava.tawic@gmail.com

design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 replications, each of which were consisted of 6 treatments, namely, no fertilizer, the uses of granulated chemical fertilizer (CF) and controlled release - nano chemical fertilizers (CR-NF) at different rates and sugarcane's growth stages. The parameters measured were stem heights, stem diameters, stem number per rai, stem weight, cane and sugar yields and cane yields' components at harvest that were comprising in percent of CCS, Brix, Pol, Fiber and purity. Direct sugarcane showed marked responses to all CF and CR-NF application whereas CR-NF treated plants outgrowth and gave much higher cane and sugar yields as compared to the CF applied ones. The CR-NF application that produced the highest cane and sugar yields of 9.64 ton/rai and 1.53 ton/rai respectively were obtained from the use of 66 kg/rai CR-NF grade 12-12-12 of at 1 and 3 months after planting and 23 kg/rai of CR-NF grade 41-0-0 at 1 month after planting. Nevertheless, the application of 33 kg/rai of CR-NF grade 12-12-12 at 1 month after planting earned the highest net revenue of 4,744 baht/rai.

Keywords: agronomic effectiveness, economical worthiness, controlled release – nano chemical

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมหลักในภูมิภาคอาเซียน มีพื้นที่ทำการเกษตร 149 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกพืชเศรษฐกิจส่วนใหญ่ของประเทศประสบปัญหาต้นทุนการผลิตพืชที่อยู่ในเกณฑ์สูงและส่งผลทำให้รายได้จากการเกษตรลดลง แนวทางในการทำการเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช วิธีการหนึ่งที่เกษตรกรทั่วไปนิยมปฏิบัติ คือ การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น แต่เนื่องจากปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้ และมีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในตลาดส่วนใหญ่ผลิตโดยบริษัทเอกชน เป็นปุ๋ยเคมีที่มีสมบัติละลายน้ำและทำปฏิกิริยากับดินได้อย่างรวดเร็วภายหลังจากใส่ลงดิน (ปิยะ, 2538) ทำให้ธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่ละลายออกมาบางส่วนทำปฏิกิริยากับดินและถูกดูดตรึงอยู่ในดินในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ บางส่วนสูญหายไปโดยกระบวนการต่างๆในดิน เช่น การชะละลาย (leaching) การระเหิด (volatilization) อิมโมบิไลเซชัน (immobilization) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) (Mullen, 2011) ทำให้ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่พืชสามารถดูดใช้ได้จริง มีผลทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีประเภทละลายเร็วมีประสิทธิภาพต่อการผลิตพืชต่ำ และอาจทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีประเภทดังกล่าวให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า

ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยซึ่งผลิตโดยศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

(ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2557) คือ ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดที่ธาตุอาหารถูกควบคุมการปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายดิน โดยสารหุ้มผิวเม็ดในรูปสารโพลีเมอร์-นาโนเคลย์คอมพอสิต (Nano-clay composite) ซึ่งมีสมบัติในการควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยเคมีเมื่อใส่ลงดิน โดยปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ และมีระยะเวลาการปลดปล่อยธาตุอาหารยาวนานเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในเม็ดปุ๋ยออกมาในอัตราที่สอดคล้องสมดุลกับปริมาณการดูดใช้ของพืชปลูกซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดพืช โดยปุ๋ยยูเรียที่ผ่านการเคลือบด้วยวัสดุพอลิเมอร์-นาโนเคลย์คอมพอสิต สามารถทนการชะล้างของน้ำได้นานมากกว่า 98 วัน และค่อยๆปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมาอย่างต่อเนื่อง จนถึงร้อยละ 90 ในขณะที่ปุ๋ยยูเรียทั่วไปมีอัตราการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมา ร้อยละ 100 ภายใน 1 วัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (เวียงค์และคณะ, 2557) ทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของพืชปลูกต่อการดูดใช้ธาตุอาหารพืชที่มีในปุ๋ยเคมีได้มากขึ้น ไม่จำเป็นต้องแบ่งใส่หลายครั้ง และใช้ในอัตราต่ำกว่าปุ๋ยเคมีประเภทละลายเร็ว ทำให้อาจใช้เป็นปุ๋ยเคมีทางเลือกสำหรับเกษตรกร ทั้งนี้จะเห็นได้จากผลการวิจัยที่พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทควบคุมการปลดปล่อย โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจนของอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ (Verburg et al., 2017) ลดการสูญเสียไนโตรเจนที่

เกิดจากกระบวนการระเหิด (volatilization process) เป็นก๊าซแอมโมเนีย (NH₃) และทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเกิดการปนเปื้อนต่อสภาพแวดล้อม (Koshino, 1993) และการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทควบคุมการปลดปล่อยในอ้อย สามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยสดและน้ำตาลสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด (Garrett et al., 2017)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางการเกษตร และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยเมื่อใช้กับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแปลงเกษตรกร เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรในการเพิ่มผลผลิตอ้อย และเพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยการลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี ค่าแรงงานและเพิ่มรายได้สุทธิในการผลิตอ้อย

วิธีการศึกษา

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองปุ๋ยเคมีกับอ้อยปลูก โดยใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมและมีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง เขตดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ศุภกาญจน์ และคณะ, 2555), ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา สูตร 16-16-16 และสูตร 46-0-0, ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยสูตร 12-12-12 และสูตร 41-0-0 และวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดตั้งแปลงทดลองและบันทึกข้อมูล

ในระหว่างการทดลองการเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยว ได้แก่ ชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน เทปวัดระยะ หลักแปลงทดลอง วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้วัดการเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ มีด ไม้เมตร เครื่องวัด Soil Plant Analysis Development (SPAD) chlorophyll meter ตาชั่ง และอุปกรณ์วัดองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนมิถุนายน 2559 ถึงเดือนเมษายน 2560 ในไร่เกษตรกรที่ไม่มีน้ำด้วยระบบชลประทาน เป็นการปลูกโดยพึ่งพาเขตน้ำฝน บ้านห้วยยาง ตำบลทุ่งโป่ง อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นพื้นที่กลุ่มชุดดินที่ 40 ชื่อชุดดิน ชุมพวง ใช้วิธีการวิเคราะห์ดินตามหลักคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) โดยเลือกแปลงทดลองที่มีสภาพพื้นที่ราบเรียบแล้ว เก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินก่อนปลูก ซึ่งจากรายงานผลการวิเคราะห์ดิน ปรากฏว่า ดินที่ปลูกทดลอง เป็นดินร่วนปนทรายที่มีฤทธิ์เป็นกรดปานกลาง ไม่เป็นดินเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก มีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในระดับสูง (Table 1) หลังจากนั้น เตรียมดินก่อนปลูกโดยการไถตะ ไถแปร แล้วยกร่องปลูกให้มีความกว้าง 1.5 ม./ร่อง วัตถุประสงค์ให้มีแปลงย่อย 24 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีความกว้าง 7.5 ม. ยาว 7.0 ม.

Table 1 Physical and chemical properties of soils in the experimental plot

Soil properties	Analytical results	Soil properties status
Soil texture	-	Sandy loam
Sand (%)	60.9	
Silt (%)	32.1	
Clay (%)	7.00	
pH (1:1; H ₂ O)	5.87	Moderately acid
EC (dS/m ²)	0.36	Non-saline
Organic matter (%)	0.30	Very low
Available phosphorus (mg kg ⁻¹)	27.6	High
Exchangeable potassium (mg kg ⁻¹)	26.5	Very low
Exchangeable calcium (mg kg ⁻¹)	72.0	Low
Exchangeable magnesium (mg kg ⁻¹)	14.02	Low
Exchangeable sulfur (mg kg ⁻¹)	8.22	Low

แล้วปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยใช้อ้อยลำเดี่ยววางเกยกันครั้งลำ และใช้จอบสับเป็น 2-3 ส่วน แล้วกลบด้วยดินหนาประมาณ 5 ซม. โดยเริ่มปลูกอ้อยปลูกตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2559 และเก็บเกี่ยวหลังปลูก 11 เดือน

ควบคุมวัชพืชโดยใช้แรงงานคนก่อนใส่ปุ๋ยเคมีวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 6 ตำรับทดลอง ได้แก่ 1.ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี 2. ใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา สูตร 16-16-16 จำนวน 50 กก./ไร่/ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา สูตร 46-0-0 จำนวน 20 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก 3. ใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย สูตร 12-12-12 จำนวน 66 กก./ไร่/ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย สูตร 41-0-0 จำนวน 23 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก 4. ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 จำนวน 33 กก./ไร่/ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 41-0-0 จำนวน 11.5 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก 5. ใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 จำนวน 33 กก./ไร่ ที่ระยะ 1 เดือนหลังปลูก 6. ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 จำนวน 16.5 กก./ไร่/ครั้ง ที่ระยะ 1 เดือนหลังปลูก การใส่ปุ๋ยเคมีใส่โดยวิธีหยอดเป็นแถวยาวต่อเนื่องตลอดแถวปลูกที่ระดับความลึก 15 ซม. แล้วฝังกลบ โดยการกำหนดการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ตำรับทดลองที่ 2) อัตรา 25.2, 16 และ 16 กก./ไร่ ของ N, P₂O₅, K₂O ตามลำดับพิจารณาจากประเภทเนื้อดิน ตามคำแนะนำการปลูกอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (เฉลิมพลและคณะ, 2547) การใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยในตำรับทดลองที่ 3 เพื่อให้ธาตุอาหารหลักในปริมาณเท่ากับอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาที่กำหนดในตำรับทดลองที่ 2 และการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยในตำรับทดลองที่ 4, 5 และ 6 กำหนดให้ธาตุอาหารหลักในรูป N, P₂O₅ และ K₂O รวมกันร้อยละ 50,

และประมาณร้อยละ 20 และ ร้อยละ 10 ตามลำดับของอัตราการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยในตำรับทดลองที่ 2 และ 3

ข้อมูลที่ศึกษาประกอบด้วยผลการเจริญเติบโตหลังปลูกและที่ระยะเก็บเกี่ยว ได้แก่ ความสูงของลำต้นอ้อยที่ระยะ 6 และ 11 เดือนหลังปลูกและที่ระยะเก็บเกี่ยว (11 เดือนหลังปลูก) ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำที่ความสูง 10 ซม. จากผิวดินและจุดหักธรรมชาติ ผลผลิตอ้อยสดและน้ำตาล องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนลำ/ไร่ น้ำหนัก/ลำ และคุณภาพของน้ำอ้อยทางเคมี ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ บริกซ์ (Brix) โพล (Pol) ไฟเบอร์ (Fiber) ซีซีเอส (CCS) และความบริสุทธิ์ของอ้อย(นราภรณ์, 2547) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

การหาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย

บันทึกข้อมูลต้นทุนการผลิต ได้แก่ ค่าปุ๋ยเคมี ค่าแรงงานใส่ปุ๋ยเคมีและเก็บเกี่ยว และบันทึกข้อมูลรายได้รวม ได้แก่ ปริมาณผลผลิต และราคาผลผลิต จากนั้นจึงประเมินรายได้สุทธิโดยนำข้อมูลรายได้ทั้งหมดหักออกด้วยต้นทุนการผลิต

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของอ้อย

ความสูงของลำต้น

จากการประเมินผลการใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยต่อความสูงของลำต้นที่ระยะ 6 เดือน และ 11 เดือนหลังปลูก พบว่า การปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา และการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ทุกตำรับทดลองไม่มีผลทำให้ความสูงของลำต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ทั้ง 4 ตำรับทดลอง (ตำรับทดลองที่ 3-6) มีแนวโน้มเพิ่มความสูงของลำต้นเฉลี่ย

Table 2 Effects of controlled release - nano chemical fertilizer on sugarcane growth

Treatment no.	Treatment descriptions				Stalk heights (cm)			Stalk diameters (cm)	
	Fertilizer materials	Fertilizer grades	Applied rates (kg/rai)	Applied time (MAP) ^{3/}	6 MAP	11 MAP	at 10 cm height (11 MAP)	at natural broken height	
1	-	-	-	-	158	176	3.06	2.26	
2	CF ^{1/}	16-16-16	50 , 50	1 , 3	165	180	3.00	2.25	
	CF	46-0-0	20	3					
3	CR-NF ^{2/}	12-12-12	66 , 66	1 , 3	197	223	3.02	2.44	
	CR-NF	41-0-0	23	3					
4	CR-NF	12-12-12	33 , 33	1 , 3	168	202	3.18	2.38	
	CR-NF	41-0-0	11.5	3					
5	CR-NF	12-12-12	33	1	190	205	3.16	2.40	
6	CR-NF	12-12-12	16.5	1	164	184	3.01	2.40	
F-Test					ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)					19.9	22.0	3.9	6.8	

1/ Chemical fertilizer, 2/ Controlled release - nano chemical fertilizer, 3/ Month after planting, ns Not significant

ที่ระยะ 6 และ 11 เดือนหลังปลูกมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ตำรับทดลองที่ 2) และเมื่อไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 1) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่รายงานว่า การใช้ปุ๋ยเคมีประเภทควบคุมการปลดปล่อยทำให้อ้อยมีความสูงของลำต้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีละลายเร็ว โดยช่วยลดการสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารหลักในปุ๋ยโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (Bhanuvally et al., 2017)

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ที่ระยะ 11 เดือนหลังปลูก การปลูกอ้อยโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา และใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 41-0-0 อัตรา 11.5 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูกที่ให้ผลผลิตอ้อยสด 8.21 และ 7.12 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ครั้งเดียวในอัตราค่าที่สุด 16.5 กก./ไร่ ที่ระยะ 1 เดือนหลังปลูก (ตำรับทดลองที่ 6) ปรากฏว่า ให้ผลผลิตอ้อยสด 6.26 ตัน/ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่า แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาที่ให้ผลผลิตอ้อยสด 5.61 ตัน/ไร่ (ตำรับทดลองที่ 2) ผลการทดลองที่ได้ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดิน ร่วนปนทราย ชุดดินที่ 40 แสดงการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ทุกตำรับทดลอง (ตำรับทดลองที่ 3-6) และให้ผลผลิตอ้อยสดเฉลี่ยสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ที่ใช้ในอัตรา จำนวนครั้งที่ใส่ และระยะเวลาการใส่เดียวกันกับการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ตำรับทดลองที่ 3 กับตำรับทดลองที่ 2 ตามลำดับ) ที่ปรากฏว่าให้ผลผลิตต่างกันถึงประมาณ 4 ตัน/ไร่ (9.64 กับ 5.61 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่รายงานว่า การใช้ปุ๋ยเคมีประเภทควบคุมการปลดปล่อยมีผลดีต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อย เพราะการใช้ปุ๋ยประเภทนี้ช่วยลดปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงดินได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่น ช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจน ในดินโดยกระบวนการดีไนริฟิเคชัน (denitrification process) ได้มากกว่าเมื่อเปรียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนละลายเร็ว (Morgan,

อัตรา 66 กก./ไร่/ครั้ง ที่อายุ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 41-0-0 อัตรา 23 กก./ไร่ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก (ตำรับทดลองที่ 3) ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 9.64 ตัน/ไร่ (Table 3) ซึ่งผลผลิตอ้อยสดในระดับสูงสุดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณอ้อยสดที่ได้จากการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 ครั้งเดียวในอัตรา 33 กก./ไร่ ที่ระยะ 1 เดือนหลังปลูก (ตำรับทดลองที่ 5) และการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 อัตรา 33 กก./ไร่/ครั้ง ที่อายุ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 41-0-0 อัตรา 11.5 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูกที่ให้ผลผลิตอ้อยสด 8.21 และ 7.12 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ครั้งเดียวในอัตราค่าที่สุด 16.5 กก./ไร่ ที่ระยะ 1 เดือนหลังปลูก (ตำรับทดลองที่ 6) ปรากฏว่า ให้ผลผลิตอ้อยสด 6.26 ตัน/ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่า แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาที่ให้ผลผลิตอ้อยสด 5.61 ตัน/ไร่ (ตำรับทดลองที่ 2) ผลการทดลองที่ได้ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดิน ร่วนปนทราย ชุดดินที่ 40 แสดงการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ทุกตำรับทดลอง (ตำรับทดลองที่ 3-6) และให้ผลผลิตอ้อยสดเฉลี่ยสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ที่ใช้ในอัตรา จำนวนครั้งที่ใส่ และระยะเวลาการใส่เดียวกันกับการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ตำรับทดลองที่ 3 กับตำรับทดลองที่ 2 ตามลำดับ) ที่ปรากฏว่าให้ผลผลิตต่างกันถึงประมาณ 4 ตัน/ไร่ (9.64 กับ 5.61 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่รายงานว่า การใช้ปุ๋ยเคมีประเภทควบคุมการปลดปล่อยมีผลดีต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อย เพราะการใช้ปุ๋ยประเภทนี้ช่วยลดปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงดินได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่น ช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจน ในดินโดยกระบวนการดีไนริฟิเคชัน (denitrification process) ได้มากกว่าเมื่อเปรียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนละลายเร็ว (Morgan,

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ผลผลิตอ้อยสด และน้ำตาล

การศึกษาผลการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา และปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ที่ควบคุมการปลดปล่อยเปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า ผลผลิตอ้อยสดที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอ้อยที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตต่ำสุด 4.09 ตัน/ไร่ และอ้อยที่ใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาอัตรา 50 กก./ไร่/ครั้งที่อายุ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูกที่ให้ผลผลิต 5.6 ตัน/ไร่ เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12

Table 3 Effects of controlled release – nano chemical fertilizer on sugarcane yield and yield components

Treatment no.	Treatment Descriptions				Cane ¹ yields (ton/rai)	Sugar yields (ton/rai)	Brix (%)	Pol (%)	Fiber (%)	CCS (%)	Purity (%)	No. of stalk per rai	Stalk weight (kg/stalk)
	Fertilizer materials	Fertilizer grades	Applied rates (kg/rai)	Applied time (MAP)									
1	-	-	-	-	4.09 c	0.69	23.5	21.6	13.3	16.9	91.9	4,062	0.97
2	CF	16-16-16	50, 50	1, 3	5.61 bc	0.92	23.0	21.4	13.9	16.2	91.3	5,044	1.08
	CF	46-0-0	20	3									
3	CR-NF	12-12-12	66, 66	1, 3	9.64 a	1.53	22.9	20.9	13.0	15.9	90.9	6,499	1.49
	CR-NF	41-0-0	23	3									
4	CR-NF	12-12-12	33, 33	1, 3	7.12 abc	1.20	23.7	21.6	12.9	16.8	91.1	4,536	1.74
	CR-NF	41-0-0	11.5	3									
5	CR-NF	12-12-12	33	1	8.21 ab	1.32	23.6	21.5	14.1	16.3	91.3	6,079	1.33
6	CR-NF	12-12-12	16.5	1	6.26 bc	1.00	23.7	21.7	14.4	16.1	91.3	4,913	1.26
F-Test					*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)					29.2	30.0	2.7	3.2	7.4	4.00	0.7	20.0	11.7

1/ Chemical fertilizer, 2/ Controlled release – nano chemical fertilizer, 3/ Month after planting, ns Not significant, * Significant at P-Value 0.05

2009; Zwieten et al., 2016) เนื่องจากกลไกการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยเคมีควบคุมการปลดปล่อยและปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย จะดูดซึมน้ำและความชื้นในดินผ่านเปลือกที่หุ้มเม็ดเข้าไปในเม็ดปุ๋ยแล้วละลายตัวปุ๋ยเกิดเป็นสารละลายเกลือที่เข้มข้นภายในเปลือกของปุ๋ยแต่ละเม็ด ในสภาพเช่นนี้จะทำให้เกิดความดันออสโมซิส (Osmotic pressure) ขึ้นภายในและเมื่อมีความดันสูงจนระดับหนึ่ง จะมีผลทำให้น้ำปุ๋ยในรูปสารละลายค่อยๆ แพร่ซึมผนังเปลือกเม็ดปุ๋ยที่ปริ้วออกมาภายนอกอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเป็นระยะเวลานาน ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ อัตราการแพร่ซึมออกมาของเนื้อปุ๋ยจะมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดและความหนาของสารที่ใช้เป็นเปลือกหุ้มเม็ดปุ๋ย (ปิยะ, 2538 ; วียงค์ และคณะ, 2557)

ผลการทดลองที่น่าสนใจอย่างมากเกี่ยวกับคุณค่าของการใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ กับข้อดีคือการเปรียบเทียบผลผลิตต่อไร่ที่ได้รับจากการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ตำรับทดลองที่ 2) ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5.61 ตัน/ไร่ โดยการใส่ปุ๋ย 2 สูตร (สูตร 16-16-16 และ 46-0-0) ในอัตรา 120 กิโลกรัม/ไร่ และแบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 ในอัตราต่ำกว่ามากคือ 33 และ 16.5 กก./ไร่ และใส่เพียงครั้งเดียว (ตำรับทดลองที่ 5 และ 6 ตามลำดับ) แต่ก็ยังให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุดเฉลี่ยสูงกว่าคือ 8.21 และ 6.26 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งถึงแม้ว่าปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ จะมีราคาสูงกว่าปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ประมาณ 3-4 เท่าตัว) แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ในอัตรา 33 และ 16.5 กก./ไร่ และใส่เพียงครั้งเดียวสามารถทุนค่าปุ๋ยเคมีและค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ยได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา ซึ่งผลที่ได้เป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 ในอัตรา 33 และ 16.5 กก./ไร่ (ตำรับทดลองที่ 5 และ 6 ตามลำดับ) ให้กำไรสุทธิสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ตำรับทดลองที่ 2) และการใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบ

ด้วยวัสดุนาโนฯ ในตำรับทดลองอื่นๆ (ตำรับทดลองที่ 3 และ 4) ที่ใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ในอัตราสูงกว่าและแบ่งใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ 2 ครั้ง ๆ ละเท่ากัน ที่ระยะ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก

การใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา และปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงกว่าข้อที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีค่อนข้างชัดเจน (Table 3) ถึงแม้ว่าค่าปริมาณผลผลิตน้ำตาลที่ได้จากการใช้ตำรับทดลองทั้งหมด (ตำรับทดลองที่ 1-6) จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม ผลของการใช้ตำรับทดลองทั้งหมดให้ผลผลิตน้ำตาลในแนวโน้มที่มีทิศทางสอดคล้องกับผลที่มีต่อผลผลิตต่อไร่สูงสุด กล่าวคือตำรับทดลองที่ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุด 1.53 ตัน/ไร่ และต่ำสุด 0.69 ตัน/ไร่ คือตำรับทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ตามตำรับทดลองที่ 3 และเมื่อไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 1) และการใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ทุกตำรับทดลอง (ตำรับทดลองที่ 3-6) ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ตำรับทดลองที่ 2)

องค์ประกอบผลผลิต

ผลการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อย และเมื่อไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 1-6) ต่อจำนวนลำ/ไร่ น้ำหนัก/ลำ และคุณภาพของน้ำอ้อยทางเคมี ได้แก่ ค่าเปอร์เซ็นต์ บริกซ์ (brrix) โพล (pol) เส้นใย (fiber) ซีซีเอส (CCS) และความบริสุทธิ์ของอ้อย (purity) ที่ระยะเก็บเกี่ยว ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้ทุกข้อมูล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 อัตรา 66 กก./ไร่/ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 41-0-0 อัตรา 23 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก (ตำรับทดลองที่ 3) ให้จำนวนลำ/ไร่ และน้ำหนัก/ลำ สูงสุดคือ 6,499 ลำ/ไร่ และ 1.49 กก./ลำ ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้เป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ตามที่กำหนดในตำรับทดลองนี้ (ตำรับทดลองที่ 3) ให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด 9.64 ตัน/ไร่ (Table 3)

Table 4 Effects of controlled release-nano chemical fertilizer on economic return

Treatment no.	Treatment descriptions					Cane yields (ton/rai)	Sugar price (THB/kg)	Total income (THB)	Fertilizer Cost ^{3/4/} (THB/rai)	Fertilizing labor cost (THB/rai)	Harvesting labor cost (THB/rai)	Net revenue (THB/rai)
	Fertilizer materials	Fertilizer grades	Applied rates (kg/rai)	Applied time (MAP)	Fertilizer							
1	-	-	-	-	-	4.09	0.98	4,011	-	-	812	3,199
2	CF ^{1/}	16-16-16	50, 50	1, 3		5.61	0.98	5,502	1,920	600	1,009	1,973
	CF	46-0-0	20	3								
3	CR-NF ^{2/}	12-12-12	66, 66	1, 3		9.64	0.98	9,444	8,232	600	1,300	- 688
	CR-NF	41-0-0	23	3								
4	CR-NF	12-12-12	33, 33	1, 3		7.12	0.98	6,975	4,116	600	908	1,351
	CR-NF	41-0-0	11.5	3								
5	CR-NF	12-12-12	33	1		8.21	0.98	8,042	1,782	300	1,216	4,744
6	CR-NF	12-12-12	16.5	1		6.26	0.98	6,132	891	300	982	3,959

1/ Chemical fertilizers 2/ Controlled release-nano chemical fertilizers

3/ Cost of CF grade 16-16-16, 17 baht/kg ; CF grade 46-0-0, 11 baht/kg 4/ Cost of CR-NF grade 12-12-12, 54 baht/kg ; CR-NF grade 41-0-0, 48 baht/kg
CF granule's coating cost at 37 baht/kg by using nano-materials as coating agent

ผลตอบแทน

ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 ครั้งเดียวในอัตรา 33 กก./ไร่ ที่ระยะ 1 เดือนหลังปลูก (ดำรับทดลองที่ 5) ให้รายได้สุทธิสูงสุด 4,744 บาท/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 ครั้งเดียวในอัตรา 16.5 กก./ไร่ ที่ระยะ 1 เดือนหลังปลูก (ดำรับทดลองที่ 6) ให้รายได้สุทธิ 3,959 บาท/ไร่ ซึ่งสูงกว่าใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 12-12-12 ที่ใส่ 2 ครั้งในอัตรา 66 กก./ไร่/ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ สูตร 41-0-0 อัตรา 23 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก (ดำรับทดลองที่ 3) ที่ให้รายได้สุทธิต่ำที่สุดไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนหรือขาดทุนจำนวน 688 บาท/ไร่ เปรียบเทียบกับการปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ดำรับทดลองที่ 1) และใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา สูตร 16-16-16 จำนวน 2 ครั้งในอัตรา 50 กก./ไร่/ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา สูตร 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก (ดำรับทดลองที่ 2) ที่ให้รายได้สุทธิ 3,199 และ 1,973 บาท/ไร่ตามลำดับ (Table 4)

การประเมินรายได้สุทธิจากการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 2 ประเภท กับอ้อยปลูกดั้งเดิมที่ได้ออกข้างต้นอาจอธิบายได้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ที่มีราคาสูงมาก โดยใส่ 2 ครั้งและใส่ในอัตราสูงถึง 120 กก./ไร่ (ดำรับทดลองที่ 3) เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา ที่ใส่ 2 ครั้งในอัตราที่มีเนื้อปุ๋ย N, P₂O₅ และ K₂O เท่ากัน (ดำรับทดลองที่ 2) แต่มีราคาต่ำกว่าปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ มาก มีผลทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ในดำรับทดลองดังกล่าว (ดำรับทดลองที่ 3) มีค่าใช้จ่ายค่าปุ๋ยเคมี และค่าแรงงานใส่ปุ๋ยเคมีสูงทำให้มีรายได้สุทธิจากผลผลิตอ้อยสดต่ำมาก หรือทำให้ขาดทุน 688 บาท/ไร่ แต่เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมี และจำนวนครั้งในการใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนฯ ให้น้อยลง

คือใช้ในอัตรา 33 และ 16.5 กก./ไร่ โดยใส่ปุ๋ยเคมีครั้งเดียว (ดำรับทดลองที่ 5 และ 6 ตามลำดับ) ปรากฏว่าผลผลิตอ้อยสดที่ได้ยังมีค่าเฉลี่ยสูงมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา (ดำรับทดลองที่ 2) จึงมีผลทำให้มีรายได้มากกว่าและมีต้นทุนการผลิตต่ำลง ทำให้มีรายได้สุทธิสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 2 ประเภทในดำรับทดลองอื่นๆ (ดำรับทดลองที่ 3-4) รวมทั้งเมื่อไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ดังนั้นถ้าไม่รวมราคาผลผลิตอ้อยสดที่มีราคาเดียวกัน รายได้สุทธิจากการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 2 ประเภทจึงขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญอย่างน้อย 4 ประการคือ ราคาปุ๋ยเคมี ปริมาณที่ใช้ จำนวนครั้งที่ใส่ลงดิน และระดับการตอบสนองของอ้อยปลูกต่อปุ๋ยเคมีที่ใส่

สรุป

อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย กลุ่มดินที่ 40 ในเขตอำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น แสดงการตอบสนองทางด้านผลผลิตอ้อยสดต่อการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาสูตร 16-16-16 และสูตร 46-0-0 ปุ๋ยเคมีที่เคลือบด้วยวัสดุนาโนสูตร 12-12-12 และสูตร 41-0-0 แตกต่างกัน โดยการใช้ปุ๋ยเคมีที่เคลือบด้วยวัสดุนาโนให้ผลผลิตอ้อยสดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดา โดยเฉพาะการใช้ในอัตราที่ให้ธาตุปุ๋ยในรูป N, P₂O₅ และ K₂O เท่ากัน และใส่ปุ๋ย 2 ครั้งที่ระยะเดียวกัน การใส่ปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนเพียงครั้งเดียวโดยวิธีหยอดเป็นแถวยาวต่อเนื่องตลอดแถวปลูกที่ระดับความลึก 15 ซม. แล้วฝังกลบ ในอัตรา 4, 4 และ 4 กก./ไร่ ของ N, P₂O₅ และ K₂O ตามลำดับ ให้ผลตอบแทนสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดธรรมดาประมาณ 123 %

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ให้คำแนะนำ ขอขอบคุณฝ่ายบริหาร กลุ่มบริษัท สมาร์ทเวท จำกัด ฝ่ายวิจัยและพัฒนา ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช. ที่สนับสนุนทุนวิจัยและผลิตภัณฑ์

ในการวิจัย ขอขอบคุณฝ่ายวิชาการศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดขอนแก่น ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และบุคลากรในการเก็บบันทึกผลข้อมูล และขอขอบคุณ คุณภิญโญ และครอบครัว เกษตรกรอำเภออุบลรัตน์ ที่อนุเคราะห์แปลงทดลองย่อย

เอกสารอ้างอิง

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

นราภรณ์ เป้าทอง. 2547. การศึกษาคุณภาพของน้ำย่อยในการบริโภคในอ้อยคั้นน้ำที่ปลูกโดยใช้ น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่ง จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ปิยะ ดวงพัตรา. 2538. หลักการและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วียงค์ กังวานสุขมงคล, สุวิชัย จรัสไธถ, ภาวณิพงษ์วัน, ธนกร วิรุฬห์มงคล, กนิษฐา บุญภาวณิชกุล และ ภรรณิกา สิทธิสุวรรณกุล. 2557. กรรมวิธีการเตรียมเม็ดปุ๋ยเคมีจากการเคลือบด้วยสารเคลือบชนิดพอลิเมอร์-นาโนเคลย์คอมพอสิตและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว. สิทธิบัตรไทย เลขที่ 1401003878

ศุภกาญจน์ ถ้วนมณี, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ชยนต์ ภัคดีไท, ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ และวัลลีย์ อมรพล. 2555. การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แก่นเกษตร. 40 ฉบับพิเศษ 3: 149-158.

ศุภณายนานเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2557. กรรมวิธีการเตรียมเม็ดปุ๋ยเคมีจากการเคลือบด้วยสารเคลือบชนิดพอลิเมอร์-นาโนเคลย์คอมพอสิต และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว. สิทธิบัตรไทย เลขที่ 1401003878.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรประเทศไทยปี 2557. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Bhanuvally, M., Y.M. Ramesha and H. Yogeeshappa. 2017. Effect of slow releasing nitrogen fertilizers on growth and yield of sugarcane. Int.J.Curr.Microbiol. App.Sci 6: 570-577.

Garrett, J., B. Tubana, S. Kwakye, W. Paye, F.B. Agostinho, D. Forestieri, M.S. Daren and M. Martins. 2017. Controlled release nitrogen fertilizer and application timing : soil N, leaf N and yield respond in sugarcane. In: Proceeding of Managing Global Resources for a Secure Future 2017 Annual meeting, USA.

Koshino, M. 1993. The Environmental Protection Framework Concerning Fertilizer Use in Japan. Publisher: National Institute of Agro-Environmental Sciences, Department of Farm Chemicals, Tsukuba, Japan.

Morgan, K.T. 2009. Improved Fertilizer Use Efficiency With Controlled Release Sources on Sandy Soils in South florida. Southwest Florida Research and Education Center, Florida.

Mullen, R.W. 2011. Nutrient cycling in soils: nitrogen. In: Hatfield, J.L., Sauer, T.J.(Eds.), Soil management : building a stable base for agriculture. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Medison, WI, pp.67-78.

Verburg, K., T.H. Muster, Z. Zhao, J.S. Biggs, P.J. Thorburn, J. Kandulu, K. Witter-Schmid, G. McLachlan, K.L. Bristow, J. Poole, M.F.T. Wong and J.I. Mardell. 2017. Roles of Controlled Release Fertilizer in Australian Sugarcane System: final report 2014/11. Sugar Research Australia Ltd, Australia.

Zwieten L.V., J. Rush, T.J.Rose, S.Joseph, R. Beattie, S. Donne, G. Butler, R. Quirk, S. Kimber and S. Morris. 2016. Assessing controlled release and deep placement N fertilizer technologies in subtropical sugarcane, pp 1-4. In: Proceeding of the 2016 International Nitrogen Initiative Conference. Melbourne, Australia