รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์. 2549. **การปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์และดินเหนียวสำหรับการผลิตอ้อยในดินทรายที่เสื่อมโทรมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [ISBN 974-626-652-7]

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร. แสวง รวยสูงเนิน, รศ.ดร. ปัทมา วิตยากร แรมโบ, ดร. บรรยง ทุมแสน

บทคัดย่อ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่มีการเพาะปลูกแบบเชิงเดี่ยวบนพื้นที่กว่าสามล้านไร่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นทรายง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน อีกทั้งการจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และเครื่องจักรขนาดใหญ่ เร่งให้เกิดการเสื่อมโทรมของดินทั้งด้านฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ เนื่องด้วยปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกภายในดิน และโครงสร้างของดินถูกทำลาย ส่งผลให้ผลิตภาพของดินสำหรับการผลิตอ้อยลดลง การจัดการเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุภายในดิน แต่เนื่องจากดินในเขตร้อนชื้นอินทรียวัตถุมีการย่อยสลายอย่างรวดเร็วทำให้ต้องเพิ่มอินทรียวัตถุอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นการรักษาระดับอินทรียวัตถุภายในดินและเพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกภายในดิน สามารถใช้วัสดุดินเหนียวที่มีคุณภาพสูง ซึ่งอาจเป็นวิธีการที่สามารถฟื้นฟูความเสื่อมโทรมของดินให้มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืน จึงก่อให้เกิดงานทดลองในสภาพไร่ขึ้นสองการทดลอง เพื่อศึกษาวิธีการใช้และประเภทของวัสดุอินทรีย์และดินเหนียวเพื่อปรับปรุงดินทรายชุดโคราชที่เสื่อมโทรม (fine-loamy siliceous, isohyperthermic, Oxic Paleustults) สำหรับการผลิตอ้อย ซึ่งศึกษาในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยวิธีการปรับปรุงดินที่ใช้ได้แก่ การหว่านแล้วไถคลุก ก่อนใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นอัตรา 8-8-4 กิโลกรัมN-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และการใส่แบบเป็นแถบรองก้นร่อง ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีรองพื้นอัตรา 4-4-2 กิโลกรัมN-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ สำหรับในการทดลองคือวัสดุอินทรีย์อันได้แก่ กากหม้อกรองตะกอนอ้อยอัตรา 8 ตันต่อไร่ มูลโคอัตรา 4 ตันต่อไร่ และกากอ้อยอัตรา 2 ตันต่อไร่ และวัสดุดินเหนียวประเภทสเม็กไทต์ (2:1) อัตรา 0 4 8 และ 12 ตันต่อไร่ โดยศึกษาผลต่อคุณสมบัติดินทางกายภาพและเคมีที่ความลึกดิน 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์ เค 88-92 โดยการใส่แบบหว่านวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 4 ซ้ำ และการใส่แบบ

เป็นแถบวางแผนการทดลองแบบบล็อคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design) จำนวน 4 ซ้ำ

จากการศึกษาพบว่าดินทรายชุดโคราชก่อนดำเนินการทดลองมีเนื้อดินทรายจัด ปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณอินทรียวัตถุ และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำกว่าระดับความต้องการของอ้อย ซึ่งศักยภาพของดินทรายโดยทั่วไปที่ใช้สำหรับปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยให้ผลผลิตเฉลี่ย 13 ตันต่อไร่ แต่ดินที่ใช้ทำการทดลองสามารถผลิตอ้อยได้เพียง 9.5 ตันต่อไร่ และเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มสามารถเพิ่มผลผลิตเป็น 14.5 ตันต่อไร่ ในขณะที่การใช้วัสดุอินทรีย์และดินเหนียวปรับปรุงดินสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยได้เป็น 16 ตันต่อไร่ โดยวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงดินได้แก่ มูลโคอัตรา 4 ตันต่อไร่ ซึ่งสามารถลดความหนาแน่นรวมของดินลง 12.58% เพิ่มความเป็นกรดด่างของดิน 27.70% ปริมาณอินทรียวัตถุ 7.84% ปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 6.66% ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 7.41% และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 15.28% โดยความหนาแน่นดินลดลงทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการทำงานของจุลินทรีย์ดินซึ่งเป็นตัวเชื่อมระหว่างอนุภาคดิน ทำให้ดินมีความพรุนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มูลโคยังประกอบด้วยโปแตสเซียมและแมกนีเซียมในปริมาณสูง ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มมากขึ้น การใช้กากหม้อกรองตะกอนอ้อยอัตรา 8 ตันต่อไร่ สามารถเพิ่มความคงทนของเม็ดดินมากขึ้น 50% ปริมาณอินทรียวัตถุ 16.67% และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 566.19% โดยกากหม้อกรองตะกอนอ้อยประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์และรากพืช อันส่งผลให้เกิดการเกาะยึดระหว่างอนุภาคดินที่มีความคงทนเพิ่มมากขึ้น และการใช้ดินเหนียวอัตรา 12 ตันต่อไร่สามารถลดความหนาแน่นรวมของดินลง 9.27% เพิ่มสัดส่วนอนุภาคขนาดดินเหนียว 4.67% ความเป็นกรดด่างของดิน 24.10% แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 15.38% และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 16.18% จากส่วนประกอบของดินเหนียวที่มีสัดส่วนของอนุภาคขนาดดินเหนียว ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในปริมาณสูง ส่งผลให้การดูดยึดประจุบวกและค่าความเป็นกรดด่างของดินเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งดินเหนียวยังทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมระหว่างอนุภาคดิน ที่สามารถดูดยึดได้ดีกับอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารพืชที่เป็นประจุบวก ทำให้สามารถรักษาระดับอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชให้อยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับการใช้ประโยชน์ของพืชได้ แต่เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของดินที่เป็นข้อจำกัดสำหรับการผลิตอ้อยหลังจากดำเนินการทดลอง พบว่าไม่มีวัสดุใดที่สามารถเพิ่มปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณอินทรียวัตถุ และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ให้มากกว่าระดับความต้องการของอ้อยได้ แต่การใช้วัสดุดินเหนียวสามารถรักษาระดับ

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ให้สูงกว่าระดับความต้องการของอ้อย เมื่อปริมาณแคลเซียมภายในดินเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความเป็นกรดด่างของดิน ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก การเกาะตัวของเม็ดดินให้ความคงทนเพิ่มมากขึ้น และทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยให้สูงขึ้น หากพิจารณาถึงผลกำไรสุทธิพบว่าการใช้กากหม้อกรองตะกอนอ้อยให้กำไรสูงสุดคือ 5,100 บาทต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมี 4,800 บาทต่อไร่ และดินเหนียว (4 ตันต่อไร่) 4,300 บาทต่อไร่ ซึ่งวิธีการใส่วัสดุอินทรีย์และดินเหนียวที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงดินเพื่อการปลูกอ้อยคือการหว่านแล้วไถคลุก ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างวัสดุปรับปรุงดินกับอนุภาคดินได้มากกว่าการใส่แบบเป็นแถบรองก้นร่อง อีกทั้งยังไม่ส่งผลต่ออัตราและปริมาณการงอกของอ้อย

ดินทรายชุดโคราชที่เสื่อมโทรมสามารถปรับปรุงค่าความเป็นกรดด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ด้วยการใช้วัสดุอินทรีย์และดินเหนียว อันเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตอ้อย กระบวนการปรับปรุงดินโดยใช้วัสดุอินทรีย์ เกิดจากวัสดุอินทรีย์เป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารพืช (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และเป็นแหล่งของประจุลบที่ผันแปรได้ อันเนื่องมาจากประจุลบของกลุ่มคาร์บอกซิลและฟีโนลิกที่เป็นองค์ประกอบในอินทรียวัตถุ ซึ่งทำให้ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีฤทธิ์เป็นด่างเพิ่มมากขึ้น อันส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของดินเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่กระบวนการปรับปรุงดินโดยการใช้ดินเหนียวเริ่มจากการเพิ่มค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินด้วยประจุลบถาวรและผันแปรได้ ซึ่งสามารถดูดยึดกับประจุบวกที่มีฤทธิ์เป็นด่าง แล้วเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างของดินให้สูงขึ้น นอกจากนี้ดินเหนียวยังสามารถดูดซับอินทรียวัตถุและรักษาปริมาณอินทรียวัตถุภายในดินได้ในระยะยาว

อย่างไรก็ดีผลของการใช้วัสดุอินทรีย์และดินเหนียวเพื่อการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ควรมีการศึกษาต่อเนื่องเมื่อนำอัตราการใช้ที่แนะนำสำหรับการปลูกอ้อย คือปุ๋ยคอกอัตรา 4 ตันต่อไร่ กากหม้อกรองตะกอนอ้อยอัตรา 8 ตันต่อไร่ และดินเหนียวอัตรา 12 ตันต่อไร่ ไปใช้สำหรับการเพาะปลูกพืชอื่น และควรศึกษาการใช้วัสดุอินทรีย์ร่วมกับดินเหนียวเพื่อทราบอัตราและวิธีการใช้ที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงดินที่เสื่อมโทรมเพื่อการผลิตอ้อย ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถเพิ่มและรักษาปริมาณอินทรียวัตถุ อันเป็นแนวทางสำหรับพัฒนาระบบการปลูกอ้อยเพื่อการผลิตน้ำตาลอินทรีย์ในอนาคต แล้วศึกษาผลในระยะยาวเมื่อมีการใช้ร่วมกับการบริหารเศษซากพืชในอ้อยตอ เพื่อทราบถึงวงจรของธาตุอาหารพืชในการผลิตอ้อยอย่างต่อเนื่อง และใช้สำหรับการจัดการธาตุอาหารในระบบการเพาะปลูก ให้อยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของอ้อย

การปรับปรุงระดับความเป็นกรดด่างของดินทรายที่เป็นกรดให้เพิ่มสูงขึ้นด้วยการใช้ปูน ก่อนมีการใช้วัสดุอินทรีย์และดินเหนียวช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เพิ่มมากขึ้น และการหาแหล่งดินเหนียวที่มีคุณภาพสูงในท้องถิ่น เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งวัสดุลง แล้วศึกษาอัตราและวิธีการใช้ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพืชอย่างยั่งยืนต่อไป

Rochana Tangkoonboribun. 2006. **Effects of Organic and Clay Material Amendments on Sugarcane Production in a Degraded Sandy Soil of Northeast Thailand**. Doctor of Philosophy Thesis in Soil Science, Graduate School, Khon Kaen University. [ISBN 974-626-652-7]

Thesis Advisors : Asst. Prof. Dr. Sawaeng Ruaysoongnern,
Assoc. Prof. Dr. Patma Vityakon Rambo,
Dr. Banyong Toomsan

ABSTRACT

Sugarcane is an important commercial crop of Northeast Thailand grown as monoculture on an area of 0.4 million hectares. Most soils in Northeast are sandy soil which are easily eroded. Sugarcane management for yield improvement through chemical fertilizer application, pesticide and heavy machinery cultivation has led to physical, chemical and biological soil degradation. Depletion of Organic matter, cation exchange capacity and soil structure has caused soil degradation and paved way for sugarcane productivity decline. These can be reduced by soil management techniques especially organic material amendment. If we need to increase organic matter in tropical soils, fast decomposition of organic materials should be supplied regularly. However, addition of high-activity clay (2:1 clay) can maintain organic matter and improve cation exchange capacity of soil for sustainable sugarcane production.

Two field experiments were established to investigate method and type of organic and clay amendments for sugarcane productivity improvement. These trials were located at Kalasin province in the middle of Northeast Thailand with different methods of organic and clay material amendments. First method was broadcast application followed by incorporation and basal application at 50-50-25 kgN-P_2O_5-K_2O. Second method was banding application and basal application at 25-25-12.5 kgN-P_2O_5-K_2O. Treatments consisted of organic materials including filter cake @ 50 t ha^{-1}, cattle manure @ 25 t ha^{-1} and bagasse @ 12.5 t ha^{-1} and clay soil (smectite @ 0,

25, 50 and 75 t ha^{-1}). Effect of these treatments on physical and chemical properties were investigated in degraded Korat sandy soil (fine-loamy siliceous, isohyperthermic, Oxic Paleustults) at 0-30 and 30-60 centimeter depths and measured sugarcane (K 88-92 variety) growth and yield. The experiment on broadcast method was laid in Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications and banding method laid in Randomized Completely Block Design (RCBD) with 4 replications.

The degraded sandy soil in this study site before amendment was deficient in exchangeable potassium, organic matter, CEC and improper texture with high sand fraction for sugarcane production. The potential yield in general sandy soil of Northeast Thailand was about 80 t ha^{-1} (plant cane) but capability in this site was about 60 t ha^{-1} while addition of conventional chemical fertilizer could increase cane yield to 90 t ha^{-1}. However, the organic and clay material amendments could enhance sugarcane production especially in cattle manure @ 25 t ha^{-1}, filter cake @ 50 t ha^{-1} and clay soil @ 75 t ha^{-1} that increased yield upto 100 t ha^{-1}. Therefore, appropriate materials for soil fertility improvement for sugarcane production were cattle manure @ 25 t ha^{-1} which decreased soil bulk density 13%, increased soil pH 28%, organic matter 8%, exchangeable potassium 7%, exchangeable magnesium 7% and CEC 15 %. The increase of organic matter, which can reduce soil bulk density with organic matter, supplied directly and indirectly through microbial action, the major cementing agent for soil aggregate-forming and increases soil porosity. In addition, cattle manure contained high potassium and magnesium which increased pH and CEC in soil. Filter cake @ 50 t ha^{-1} increased aggregate stability 50%, organic matter 17% and available phosphorus 566%. Filter cake had great chemical properties (N, P, K, Ca and Mg) that enhanced microbial activity and root growth influenced to granulation with more stability. Clay soil @ 75 t ha^{-1} decreased soil bulk density by 9%, increased clay fraction (5%), soil pH (24%), exchangeable calcium (15%) and CEC by 16 %. Clay soil (CS) contained with high clay particles, N, P, K, Ca and CEC which increased soil pH and CEC. In addition, clay particle is cementing agent which enhanced organic matter adsorption and higher cation exchange capacity. The superiority of clay soil amendment could reserve soil organic matter, calcium and CEC at sufficient level for plant utilization. The soil properties after amendment was determined in limiting factors for sugarcane production and found no materials can improve

exchangeable potassium, organic matter and cation exchange capacity over than sugarcane requirement. However, clay soil amendment could retain exchangeable calcium at sufficient level. The increase of calcium in soil increased soil pH and reduced bulk density which enhances sugarcane growth and yield. However, from cost benefit ratio analysis we found highest gain from filter cake application at 32,000 baht ha^{-1} followed by conventional chemical fertilizer at 30,000 baht ha^{-1} and cattle manure at 27,000 baht ha^{-1} respectively. The appropriate organic and clay material amendment method was broadcast which higher specific surface with soil particle than banding method and without effect on germination.

Korat degraded sandy soil can be improved in soil pH, organic matter, exchangeable potassium, exchangeable calcium, exchangeable magnesium and cation exchange capacity by organic and clay material amendments that can enhance sugarcane growth and yield. The rehabilitation process of organic materials amendment was increased organic matter which is reserve of plant nutrient (nitrogen, phosphorus and potassium) and anion. The anion arises largely from ionization of COOH groups, although some contribution from phenolic OH in organic matter (variable charge). Organic matter could enhance cation exchange capacity and attract with basic cation nutrients (potassium, calcium and magnesium) by ionic bonding which can enhance soil pH. The rehabilitation process of clay soil amendment could increase cation exchange capacity with their permanent and variable charge which can attract with basic cation nutrients (potassium, calcium and magnesium) by ionic bonding which can enhance soil pH. In addition, organic matter can adsorb with clay material and retain soil organic matter in longer period.

The effect of organic and clay material amendments should be studied more in utilization of recommendation rate of cattle manure @ 25 t ha^{-1}, filter cake @ 50 t ha^{-1} and clay soil @ 75 t ha^{-1} for sugarcane production should reconsider for other crops production. Otherwise, organic and clay material combination should be tested for application method and appropriate rate for degraded soil improvement in sugarcane cropping system. The combination material could increase and maintain organic matter for organic sugar production in future. In addition, the effect of organic and clay material amendment on subsequent ratoons according to trash management in long-term period for sugarcane production should be studied. That can understand in

nutrients cycling in continuous sugarcane monoculture and use for nutrient management in sugarcane cropping system with sufficient level according to growth stage. The improvement of soil pH in acid sandy soil using lime can support organic and clay material amendments efficiency. Local high activity clay inventory and recommendation for sustainable crop production should be studied for further works.