



รายงานฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงคุณสมบัติของดินและการเพิ่มผลผลิตของอ้อย
ปลูกร่วมระบบหลังการปลูกข้าวไร่
Soil property and sugarcane yield improvement as
affected by upland rice crop rotation
สัญญาเลขที่ RDG5950080

หัวหน้าโครงการ : ดร.จิรวัดน์ สนิทชน

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(งานวิจัยยังไม่เสร็จสมบูรณ์ โปรดอย่านำไปใช้อ้างอิง)

สารบัญ	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	
บทคัดย่อ (ไทย-อังกฤษ)	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	5
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	7
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดิน	7
4.2 ผลการศึกษากาการเจริญเติบโตของพืช (อ้อย)	24
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม	ง
ภาคผนวก ก	ช

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าเคมีของดินก่อนการปลูกพืชนา (ข้าวไร่) ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	7
ตารางที่ 2 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินก่อนการปลูกพืชนา (ข้าว) ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	8
ตารางที่ 3 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนไถกลบตอซังข้าว และหญ้า ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	9
ตารางที่ 4 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินก่อนไถกลบตอซังข้าว และหญ้า ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	10
ตารางที่ 5 ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตของข้าว และข้อมูล biomass ของทรีตเมนต์ที่มีการไถกลบลงในดิน (T1, T2 และ T4)	11
ตารางที่ 6 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังไถกลบตอซังข้าว และหญ้า 8 สัปดาห์ ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	12
ตารางที่ 7 ข้อมูลปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชั้นดินและทรีตเมนต์ของคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังไถกลบตอซังข้าว และหญ้า 8 สัปดาห์ ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	13
ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางกายภาพของดินหลังไถกลบตอซังข้าว และหญ้า 8 สัปดาห์ ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	15
ตารางที่ 9 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	16
ตารางที่ 10 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อย ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.	17
ตารางที่ 11 แสดงค่า mean square ของคุณสมบัติทางเคมีของดิน จากการ combine ระหว่างครั้งที่เก็บ (Time) ชั้นดิน (Level) และทรีตเมนต์ (Treatment)	18
ตารางที่ 12 แสดงค่า mean square ของคุณสมบัติทางกายภาพของดิน จากการ combine ระหว่างครั้งที่เก็บ (Time) ชั้นดิน (Level) และทรีตเมนต์ (Treatment)	19
ตารางที่ 13 ข้อมูลจำนวนลำตอกอ และความสูงของอ้อยเมื่ออายุ 64, 125 และ 182 วัน หลังปลูก	24
ตารางที่ 14 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตอ้อย	25
ตารางที่ 15 ข้อมูลค่าความหวาน และองค์ประกอบของ CCS	26

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การตอบสนองของทริตเม้นต์ใน 3 ช่วงเวลาที่เก็บ (Time 1 = ก่อนปลูกข้าว, Time 2 = หลังปลูกข้าว และ Time 3 = หลังไถกลบ 8 สัปดาห์) ในคุณสมบัติทางเคมีของดิน, ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างครั้งที่เก็บ	14
ภาพที่ 2 การตอบสนองของทริตเม้นต์ใน 3 ช่วงเวลาที่เก็บ (Time 1 = ก่อนปลูกข้าว, Time 2 = หลังปลูกข้าว และ Time 3 = หลังไถกลบ 8 สัปดาห์) ในคุณสมบัติทางกายภาพของดิน, ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างครั้งที่เก็บ	19
ภาพที่ 3 การตอบสนองของทริตเม้นต์ใน 3 ช่วงเวลาที่เก็บ (ก่อนปลูกข้าว, หลังปลูกข้าว และหลังไถกลบ 8 สัปดาห์) ในแต่ละคุณสมบัติทางเคมีของดิน (คอลัมน์ซ้ายและกลาง) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินของดินสองระดับ (คอลัมน์ขวา) ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างทริตเม้นต์ในแต่ละครั้งที่เก็บ	21-22
ภาพที่ 4 การตอบสนองของทริตเม้นต์ใน 3 ช่วงเวลาที่เก็บ (ก่อนปลูกข้าว, หลังปลูกข้าว และหลังไถกลบ 8 สัปดาห์) ในแต่ละกายภาพของดิน (คอลัมน์ซ้ายและกลาง) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินของดินสองระดับ (คอลัมน์ขวา) ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างทริตเม้นต์ในแต่ละครั้งที่เก็บ	23
ภาพที่ 5 การแตกกอของอ้อยเมื่ออายุ 64, 125 และ 182 วันหลังปลูก	24
ภาพผนวก 1 ภาพถ่ายทางอากาศของแปลงทดลอง เมื่อข้าวไร่มีอายุ 65 วันหลังปลูก	ซ
ภาพผนวก 2 ก) การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวไร่และ ข) ภาพต่อซึ่งก่อนการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์มวลชีวภาพก่อนการไถกลบต่อซัง	ซ
ภาพผนวก 3 การเก็บเกี่ยววัชพืชในแปลง Follow (T4) เพื่อหาค่ามวลชีวภาพ	ณ
ภาพผนวก 4 การเจาะดินโดย soil core เพื่อการเก็บข้อมูลกายภาพของดิน	ณ
ภาพผนวก 5 แสดงการปลูกอ้อยโดยทำการปลูกที่ระยะ 50 x 120 เซนติเมตร	ญ

บทสรุปผู้บริหาร

การปลูกพืชเชิงเดี่ยว เป็นเวลานาน โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่มีความลาดชัน (slope) หรือพื้นที่ลอนลูกฟูก ที่จะทำให้เกิดการชะล้างหน้าดิน เกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน การปลูกอ้อยของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นการปลูกอ้อยข้ามแล้งหรือที่เรียกกันว่าการปลูกอ้อยตุลา คือเมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยแล้วจะปล่อยพื้นที่ปลูกให้ว่างตลอดฤดูฝน พื้นที่ที่มีความลาดชัน ไม่มีการปลูกพืชคลุมผิวดินประกอบกับเนื้อดินเป็นดินปนทรายที่มีอัตราการซึมน้ำและการชะล้างสูง จึงทำให้ดินเกิดการเสียสภาพในอัตราที่สูง การแก้ไขปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้โดยการจัดระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม เพื่อให้มีพืชปลูกคอยยึดหน้าดินไว้ พืชปลูกที่ให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูงจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้เมื่อไถกลบซากภายหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้การเลือกพืชปลูกสลับในไร่อ้อยที่ให้ผลผลิตทางเศรษฐกิจจะเป็นแรงจูงใจให้แก่เกษตรกร เพราะนอกจากสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งผลผลิตมวลชีวภาพเพื่อใช้บำรุงดินแล้ว ยังมีรายได้เพิ่มจากผลผลิตของพืชที่นำมาปลูกสลับนี้ด้วย โดยระบบการปลูกพืชในพื้นที่ไร่อ้อยที่ไร่อ้อยมีการปลูกข้าวไร่เพื่อใช้บริโภคภายในครัวเรือน และเป็นพืชคันช่วงฤดูฝนก่อนการปลูกอ้อย อีกทั้งยังมีรายงานว่าการไถกลบเศษซากพืชส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดิน จากการศึกษาการปลูกข้าวไร่ร่วมระบบกับการปลูกอ้อยพบว่าข้าวไร่พันธุ์ชีวมัจฉา และพันธุ์สกลนคร ให้ผลผลิตมวลชีวภาพที่สูงกว่าวัชพืชที่ขึ้นปกคลุมดินในกรณีที่เกษตรกรปล่อยแปลงว่างในช่วงที่มีการพักแปลงระหว่างการรื้อต่ออ้อย และนอกจากนั้นการปลูกข้าวยังให้ผลผลิตเมล็ดสูงถึง 398-536 กก./ไร่ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำมาบริโภคและจำหน่ายได้ และพบว่าเมื่อไถกลบต่อซังไปแล้วเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนไป ซึ่งแปลงข้าวพันธุ์ชีวมัจฉาให้ค่าสูงที่สุด เนื่องจากว่ามีมวลชีวภาพที่สูง การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพของดินพบว่าหลังการปลูกข้าวทำให้ค่าความหนาแน่นของดิน (bulk density) เพิ่มขึ้น ช่องอากาศในดินลดลง และความชื้นเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีรากพืชที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะแปลงที่มีการปลูกพืชก่อนปลูกอ้อย ธาตุอาหารในใบอ้อยมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปลูกข้าวพันธุ์ชีวมัจฉา และพันธุ์สกลนครก่อนการปลูกอ้อย แต่กลับพบว่าการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้าทำให้ผลผลิตของอ้อยมีแนวโน้มสูงที่สุด แต่เกษตรกรจะไม่ได้รับรายได้หรือผลพลอยได้จากการปลูกข้าวก่อนการปลูกอ้อย

บทคัดย่อ

การปลูกพืชเชิงเดี่ยว เป็นเวลานาน โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่มีความลาดชัน (slope) หรือพื้นที่ลอนลูกฟูก ที่จะทำให้เกิดการชะล้างหน้าดิน เกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน การปลูกอ้อยของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นการปลูกอ้อยข้ามแล้งหรือที่เรียกกันว่าการปลูกอ้อยตุลา คือเมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยตอสุดท้ายแล้วจะปล่อยพื้นที่ปลูกให้ว่างตลอดฤดูฝน พื้นที่ที่มีความลาดชัน ไม่มีการปลูกพืชคลุมผิวดิน ประกอบกับเนื้อดินเป็นดินปนทรายที่มีอัตราการซึมน้ำและการชะล้างสูง จึงทำให้ดินเกิดการเสียสภาพในอัตราที่สูง การแก้ไขปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้โดยการจัดระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม เพื่อให้มีพืชปลูกคอยยึดหน้าดินไว้ พืชปลูกที่ให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูงจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้เมื่อไถกลบซากภายหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้การเลือกพืชปลูกสลับในไร่อ้อยที่ให้ผลผลิตทางเศรษฐกิจจะเป็นแรงจูงใจให้แก่เกษตรกร เพราะนอกจากสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งผลผลิตมวลชีวภาพเพื่อใช้บำรุงดินแล้ว ยังมีรายได้เพิ่มจากผลผลิตของพืชที่นำมาปลูกสลับนี้ด้วย จากการศึกษาการปลูกข้าวไร่ร่วมระบบกับการปลูกอ้อย โดยการวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้ข้าวไร่ 2 พันธุ์ ได้แก่ ชิวแม่จัน(T1) และสกลนคร(T2) และ 2 แปลงว่าง ได้แก่ แปลงว่างที่มีการตายหญ้า(T3) และแปลงว่างที่ไม่มีการตายหญ้า(T4) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของดิน พบว่า ค่าเคมีของดิน และคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการปลูกพืชไร่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละทรีตเมนต์ หลังจากการปลูกพืชไร่ (ข้าวไร่) พบว่า ข้าวไร่พันธุ์ชิวแม่จัน ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์สกลนคร คือ 536 และ 398 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และยังพบว่าผลผลิตมวลชีวภาพของข้าวทั้งสองพันธุ์(T1 และ T2) มีค่าสูงกว่าวัชพืชในแปลงปล่อยว่าง (T4) คือ 1,676, 1,780 และ 1,548 กก./ไร่ ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินหลังจากการปลูกพืชไร่ (ข้าวไร่) ก่อนการไถกลบตอซึ่ง พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ bulk density, soil moisture, solid(%) และ aeration (%) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าดินชั้นล่าง 15-30 ซม.มีค่าเปอร์เซ็นต์ของอากาศ (%air) และ bulk density ที่ต่ำกว่าชั้นบน (0-15 ซม.) เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นของเนื้อดินที่มากกว่า (solid) ความแตกต่างของคุณสมบัติทางเคมีของดินระหว่างทรีตเมนต์จะเกิดขึ้นเมื่อไถกลบตอซึ่งไปแล้วเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยเฉพาะค่า EC และค่า Exchangeable K ซึ่งแปลงข้าวพันธุ์ชิวแม่จันให้ค่าสูงที่สุด เนื่องจากว่าข้าวพันธุ์ดังกล่าวมีค่ามวลชีวภาพ (biomass) สูงที่สุด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารบางตัวในดิน เมื่อเทียบกับการปล่อยแปลงว่าง ส่วนการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพของดินพบว่าหลังการปลูกข้าวทำให้ค่าความหนาแน่นของดิน (bulk density) เพิ่มขึ้น ช่องอากาศในดินลดลง และความชื้นเพิ่มขึ้น ในแปลงที่มีการปลูกข้าว และแปลงหญ้า ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยทรีตเมนต์ที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน และสกลนครมีแนวโน้มว่ามีปริมาณธาตุอาหารในใบสูงกว่าทรีตเมนต์อื่น นอกจากนี้ทรีตเมนต์ที่มีการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ และมีความบริสุทธิ์ของความหวานสูงที่สุดด้วย

Abstract

The low fertility, sugarcane stem borer, leaf hopper, low practical weed control and irresponsible to environment are causal problem to low productivity and low rationing ability of sugarcane in Northeast Thailand. To sustain productivity, crop rotation in fallow area is possible approach to improve soil properties which will result in greater ratooning ability. The objective of this study was to examine effect of upland rice production on soil improvement as well as sugarcane products. The experiment was laid out in randomized complete block design with 5 replications. Five treatments consisted of 2 varieties Sew Mae Jan and Sakon Nakhon; 2 fallow included weed control and weed control were applied for first crop preceding sugarcane. The results found that soil properties before upland rice were not significant. Nevertheless, Sew Mae Jan gave a not significant of 536 kg/rai compare to Sakon Nakhon (398 kg/rai). Moreover, not significant biomass of Sew Mae Jan, Sakon Nakhon and fallow with non-weed control were 1,676, 1780 and 1548 kg/rai respectively. Soil properties after rice harvesting (before stover incorporation) such as bulk density, soil moisture, solid percentage and air percentage were not different among treatments, but air percentage and bulk density of lower soil layer (15-30 cm) were lower than above layer (0-15 cm) due to a high solid percentage. Soil chemical property showed significant after 8 weeks of stover incorporated, especially EC and Exchangeable K. Sew Mae Chan showed highest in EC and Exchangeable K due to highest in biomass affected to soil nutrient changes. Moreover, soil physical property was increased after rice planting such as soil bulk density, aeration, soil moisture especially in T1 (Sew Mae Jan), T2 (Sakon Nakhon) and T4 (fallow without weed control). At the harvest, leaves nutrients (N, P and K) tend to be higher in T1 and T2 than other treatments. Although sugarcane yield and % purity was highest in T4 treatment, farmer wouldn't get income or by-product from rice.

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

การปลูกพืชเชิงเดี่ยว เป็นเวลานาน โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่มีความลาดชัน (slope) หรือพื้นที่ลอนลูกฟูก ที่จะทำให้เกิดการชะล้างหน้าดิน เกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน การปลูกอ้อยของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นการปลูกอ้อยข้ามแล้งหรือที่เรียกกันว่าการปลูกอ้อยตุลา คือเมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยแล้วจะปล่อยพื้นที่ปลูกให้ว่างตลอดฤดูฝน พื้นที่ที่มีความลาดชัน ไม่มีการปลูกพืชคลุมผิวดินประกอบกับเนื้อดินเป็นดินปนทรายที่มีอัตราการซึมน้ำและการชะล้างสูง จึงทำให้ดินเกิดการเสียสภาพในอัตราที่สูง การแก้ไขปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้โดยการจัดระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม เพื่อให้พืชปลูกคอยยึดหน้าดินไว้ พืชปลูกที่ให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูงจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้เมื่อไถกลบซากภายหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้การเลือกพืชปลูกสลับในไร่อ้อยที่ให้ผลผลิตทางเศรษฐกิจจะเป็นแรงจูงใจให้แก่เกษตรกร เพราะนอกจากสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งผลผลิตมวลชีวภาพเพื่อใช้บำรุงดินแล้ว ยังมีรายได้เพิ่มจากผลผลิตของพืชที่นำมาปลูกสลับนี้ด้วย โดยระบบการปลูกพืชในพื้นที่ไร่อ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลูกข้าวไร่เพื่อใช้บริโภคภายในครัวเรือน และเป็นพืชค้ำช่วงฤดูฝนก่อนการปลูกอ้อย อีกทั้งยังมีรายงานว่าไถกลบเศษซากพืชส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดิน แต่ยังไม่มีการศึกษาในข้าวไร่พันธุ์ชีวแม่จัน และลิ้มผัว ต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของดิน จึงได้ทำการศึกษาระบบการปลูกข้าวไร่ร่วมระบบกับการปลูกอ้อยในครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบการปลูกข้าวไร่ทั้งสองพันธุ์ และการปล่อยแปลงว่าง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการปลูกข้าวไร่ 2 พันธุ์คือ พันธุ์หอมสกลนคร และชีวแม่จัน เปรียบเทียบกับการปล่อยแปลงว่าง (fallow) 2 แบบ คือ การปล่อยว่างแบบไม่มีการกำจัดวัชพืช และการปล่อยแปลงว่างที่มีการกำจัดวัชพืช ที่มีต่อการปรับปรุงสภาพดินในแปลงปลูกอ้อย โดยเปรียบเทียบในปริมาณน้ำหนักรวมของ/น้ำหนักแห้งซากพืชที่เท่ากัน
2. เพื่อศึกษาผลของการปลูกข้าวไร่ ร่วมระบบกับการปลูกอ้อย ที่มีผลต่อผลผลิต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาผลของการปลูกข้าวไร่เพื่อเป็นพืชหมุนเวียนในไร่อ้อยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการปล่อยแปลงว่างและการใช้ข้าวไร่พันธุ์ชีวแม่จัน และพันธุ์หอมสกล เปรียบเทียบกับการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการดายหญ้า และแบบมีการดายหญ้า ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน และผลผลิตของอ้อยปลูก

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. การปรับปรุงคุณสมบัติของดินในแปลงปลูกอ้อยซึ่งเสื่อมสภาพเนื่องจากการปลูกอ้อยแบบพืชเชิงเดี่ยวและใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานด้วยวิธีการปลูกข้าวสลับในไร่อ้อย
2. การเพิ่มผลผลิตอ้อย เมื่อปลูกร่วมระบบกับข้าวไร่

บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สภาวะโลกร้อน ได้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ชีวิต ความเป็นอยู่และระบบการเกษตรซึ่งเป็นการผลิตพืชอาหารและสัตว์ อันเป็นปัจจัยสี่ของมนุษย์ และผลกระทบนี้ นับวันจะยิ่งทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากวิกฤตการณ์เกิดน้ำท่วมอย่างเฉียบพลัน และฝนแล้งที่ยาวนานขึ้น ทำให้เกษตรกรต้องปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพดินฟ้าอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป การปลูกข้าวในที่สูงและที่ดอน ซึ่งใช้พันธุ์ข้าวที่ต้องการน้ำน้อย น้ำไม่ท่วมขัง ซึ่งเรียกว่าข้าวไร่ เป็นวิธีการหนึ่ง ที่เริ่มได้รับความนิยม เนื่องจากข้าวไร่เป็นข้าวชนิดที่ใช้ น้ำในการเจริญเติบโตน้อย ไม่ต้องมีน้ำแช่ขังเหมือนในนาเหมือนข้าวนาสวน มีอายุเก็บเกี่ยวราว 4 เดือน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ หากปลูกข้าวพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง ก็สามารถปลูกให้เหมาะสมกับการตกของฝนและความชื้นดิน เนื่องจากพันธุ์ข้าวไร่ส่วนใหญ่มีอายุสั้นจะเก็บเกี่ยวได้ในช่วงสิ้นเดือนตุลาคม (เกรียงศักดิ์, 2551) ซึ่งจะพอเหมาะกับการใช้พื้นที่อย่างต่อเนื่องในระบบการปลูกอ้อยข้ามแล้งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยปลูกในแปลงอ้อยรื้อต่อและเก็บเกี่ยวได้ทันในช่วงเตรียมดินก่อนการปลูกอ้อยในรอบถัดไป แต่ถ้าใช้ข้าวพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง เกษตรกรจะปลูกราวเดือนมิถุนายน เพื่อให้เก็บเกี่ยวช่วงเดียวกับข้าวที่ไวต่อช่วงแสง การเก็บเกี่ยวข้าวไร่จะไม่ยุ่งยากเหมือนพืชอื่นที่ แม้ว่าจะยังคงมีฝนอยู่บ้างแต่ก็สามารถเก็บเกี่ยวแล้วนวด และลดความชื้นได้โดยใช้พื้นที่น้อย นอกจากนี้ยังพบว่าฟางข้าวจากการปลูกข้าวไร่ แม้จะไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้เหมือนพืชตระกูลถั่ว แต่เมื่อไถกลบจะเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุที่สามารถปรับปรุงโครงสร้างของดินได้เป็นอย่างดี (พัชนี และอุษา, 2555)

การปลูกอ้อยปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้งนั้น เป็นเทคโนโลยีที่เกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ถือปฏิบัติกันมาเป็นเวลานาน ระบบนี้มีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับสภาพภูมิประเทศ สภาพพื้นที่ และสภาพฟ้าอากาศ กล่าวคือ เมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวอ้อยต่อเสร็จสิ้นแล้ว ราวเดือนเมษายน หากจะปลูกอ้อยติดต่อกันทันทีในช่วงต้นฤดูฝน จะมีปัญหาเรื่องอายุของท่อนพันธุ์อ้อยไม่เหมาะสม การปลูกฤดูฝนมีปัญหาเรื่องวัชพืชมากและยากต่อการควบคุมและโรคไหม้ในระยะออกรวง (Konghakote and Jongdee, 2007) นอกจากนี้สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การปลูกอ้อยช่วงเวลานี้ อ้อยยังไม่แก่พร้อมเก็บเกี่ยวเข้าสู่โรงงานในช่วงปลายปีหรือต้นปีต่อไป อ้อยยังมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตและสะสมน้ำหนักรสชาติได้ไม่เต็มที่ ผลผลิตน้ำหนักรสชาติและผลผลิตน้ำตาลจะต่ำ แต่การปลูกอ้อยในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายนเป็นการอาศัยความชื้นในดินหลังฤดูฝน อ้อยจะเจริญเติบโตข้ามฤดูแล้งได้ เนื่องจากดินร่วนปนทราย สามารถเก็บความชื้นไว้ได้ค่อนข้างดี นอกจากนี้ในช่วงก่อนถึงฤดูฝน เกษตรกรสามารถกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยให้กับอ้อยได้สะดวก เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีอายุราว 1 ปีจึงให้ผลผลิตได้เต็มที่

ในพื้นที่ปลูกอ้อยซึ่งมีการเพาะปลูกแบบพืชเชิงเดี่ยวมามากกว่า 30 ปี และประกอบกับดินส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินร่วนปนทราย นอกจากนั้นเกษตรกรก็ยังมีการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่อง ขาดการเอาใจใส่บำรุงดิน และสภาพพื้นที่เป็นลอนลูกฟูก จึงเกิดการชะล้างได้ง่าย ทำให้ดินในเขตดังกล่าวเสื่อมสภาพลงอย่างมาก จนสภาพการผลิตในปัจจุบันเกษตรกรบางรายไม่สามารถปลูกอ้อยแล้วไวต่อได้เกิน 2 ตอ ต้องปลูกปีต่อปี ทำให้ผลตอบแทนจากการทำไร่อ้อย

ลดต่ำลง เนื่องจากผลตอบแทนจากการปลูกอ้อยนั้น จะสูงขึ้นในอ้อยต่อ ซึ่งเป็นปีที่เกษตรกรไม่ต้องลงทุนเรื่องการเตรียมดินและค่าท่อนพันธุ์ ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกพืชปุ๋ยสด เช่น ปอเทือง และถั่วมะแฮ เพื่อบำรุงดิน ซึ่งจะทำให้สามารถไว้ต่อได้นานขึ้น แต่เทคโนโลยีดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับเท่าที่ควร เนื่องจากเกษตรกรรู้สึกว่าการปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยไม่เห็นผลตอบแทนที่เป็นรูปธรรม

ระบบดังกล่าวนี้จะทำให้พื้นที่ปลูกอ้อยในแปลงที่เคยเป็นแปลงอ้อยต่อ เมื่อเก็บเกี่ยวและรีดตออ้อยแล้ว จะเป็นพื้นที่ที่ว่างตลอดฤดูฝน โดยเฉลี่ยพื้นที่เช่นนี้ในเขตปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าแต่ละปีจะมีพื้นที่ว่างราวๆ 1 ล้านไร่ ดังนั้นหากปลูกพืชไร่อายุสั้นในพื้นที่ดังกล่าว เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ทำให้มีรายได้ต่อเนื่องเพื่อใช้เป็นเงินทุนสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้ อีกทั้งยังเป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ ข้าวไร่พืชใช้น้ำน้อยจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ทันเวลากับการปลูกอ้อยได้พอดี มีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพการใช้ที่ดินสูง อีกทั้งยังเป็นการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อคงความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ได้ (Kaewpradit, 2014) นอกจากนี้การปลูกพืชตามยังเป็นการช่วยลดการชะล้างของหน้าดินในเขตพื้นที่ที่มีความลาดชัน เนื่องจากในแปลงการปลูกอ้อยมีการปล่อยแปลงว่างในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีการชะล้างของหน้าดินที่สูงและการไถกลบตอซึ่งข้าวยังช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของดินด้วย นอกจากนั้นยังเป็นการช่วยเสริมรายได้ของเกษตรกร และใช้บริเวณภายในครัวเรือนได้อีกด้วย โดยเฉพาะพันธุ์ข้าวหอมสกลนคร ชิวแม่จัน และลิ้มผิว ซึ่งเป็นพืชอาหารหลักและให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดี ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาผลของการปลูกข้าวไร่ในไร่อ้อยที่มีผลทั้งทางเคมีและกายภาพของดิน รวมถึงผลผลิตของอ้อยซึ่งเป็นพืชตามด้วย

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมแปลงทดลองและการปลูก

ทำการเตรียมแปลงทดลองในแปลงทดลองหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยทำการไถตะ เพื่อกลบวัชพืช และไถพรวนก่อนทำการปลูก เก็บข้อมูลดินก่อนการปลูกเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและเคมีของดิน หลังจากนั้นทำการปลูกข้าวไร้โดยวิธีการหยอดเมล็ด ระยะปลูก 40 x 25 ซม. ในวันที่ 11 มิถุนายน 2559 โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 5 ซ้ำ โดยมี 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชัยแม่จัน (T1) พันธุ์สกลนคร (T2) การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า (T3) และการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า (T4) ระยะปลูก 25 x 40 ซม. การเตรียมแปลงทำการไถเตรียมแปลงโดยไถตะตากดินไว้เป็นเวลา 1 เดือน จึงทำการไถพรวน โดยก่อนการปลูกพืชได้ทำการใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ อย่างสม่ำเสมอทุกแปลงย่อย หลังจากปลูกทำการให้น้ำในระบบสปริงเกอร์ และทำร่องน้ำรอบแปลงทดลองและตัดบล็อกของการทดลองเพื่อลดการชะล้างของดินเมื่อเกิดฝนตก และลดการซังของน้ำเป็นหย่อมๆ เพื่อความสม่ำเสมอของงานทดลอง หลังจากข้าวงอกได้ 14 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุม การกำจัดวัชพืชใช้วิธีการถอนโดยแรงงานคน ทำการกางตาข่ายกันนกเมื่อข้าวอายุ 60-70 วันหลังออกเก็บเกี่ยวผลผลิตพื้นที่ 2 ตารางเมตร และทำการไถกลบตอซังข้าวและหญ้า

การปลูกอ้อย ใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ปลูกระยะ 50 x 120 ซม. ขนาดแปลงย่อย 6 x 9 เมตร โดยใช้กล้าอ้อยที่ทำการเพาะจากท่อนอ้อยที่มีจำนวนตา 1 ตาเท่ากัน ปลูกในร่องตามระยะที่วางไว้ การเพาะพันธุ์อ้อยทำการเพาะก่อนปลูกเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากต้นอ้อยไม่งอก (ภาพผนวก ก ที่ 5) ก่อนปลูกทำการใส่ปุ๋ยรองพื้นอัตรา 50 กก./ไร่ ให้น้ำด้วยระบบ sprinkler และอาศัยน้ำฝน ทำการเก็บข้อมูลตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อย

3.2 การเก็บข้อมูล

การวิเคราะห์ค่าเคมีและกายภาพของดินหนังสือของ Ryan et al. (2001) โดยทำการเก็บข้อมูลดินจำนวน 4 ครั้ง ดังต่อไปนี้

1. เก็บข้อมูลก่อนปลูกพืชหน้า
2. เก็บข้อมูลหลังไถกลบพืชหน้า (ก่อนปลูกพืชตาม)
3. เก็บข้อมูลระหว่างที่มีการปลูกพืชตาม (อ้อย)
4. เก็บข้อมูลหลังปลูกพืชตาม (หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยปลูก)

การเก็บข้อมูลผลผลิตพืชหน้า (ข้าว) และพืชตาม (อ้อย) โดยเก็บเกี่ยวพืชหน้าแล้วบันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร และข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต นอกจากนั้นต้องมีการเก็บข้อมูลมวลชีวภาพที่ทำการไถกลบลงไปดินในแต่ละทรีตเมนต์ ในส่วนของพืชตาม คือ อ้อย ทำการบันทึกลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น หน่อตอก ความสูง วัดค่าความหวาน (ซีซีเอส) และผลผลิตของอ้อยแต่ละแปลงที่ปลูกตามพืชหน้า

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะที่ศึกษาตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดิน

จากการศึกษาทำการเก็บข้อมูลดินก่อนการปลูกพืชข้าว พบว่า ข้อมูลเคมีของดินในดินระดับ 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละทรีตเมนต์ (ตารางที่ 1) การเปลี่ยนแปลงของค่าเคมีของดินก่อนการปลูกพืชที่ไม่มีความแตกต่างกัน เป็นผลดีต่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของทรีตเมนต์ ในดินทั้งสองระดับ จากการศึกษาพบว่าดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่มีค่า Available P ค่าการแลกเปลี่ยนประจุ อินทรีย์วัตถุและ Exchangeable K ที่ต่ำ (เพิ่มพูน, 2527; กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) นอกจากนั้นยังพบว่าดินจังหวัดขอนแก่นมีค่า Total N ที่ต่ำ โดยในดินลึก 0-36 ซม. มีค่าอยู่ระหว่าง 0.006-0.043% (Patcharapreecha et al., 1989) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับงานทดลอง เนื่องจากมีการปรับปรุงบำรุงดินที่มีผลต่อคุณสมบัติของดิน โดยมีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักในการบำรุงดิน ไม่ว่าจะเป็นพืชตระกูลถั่ว (Carvalho et al., 2015) เช่น งานทดลองของ Adesoji et al. (2014) ที่มีการใช้พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วแปบ (*Lablab purpureus*) หมามุ่ย (*Mucuna Pruriens*) และถั่วลิสง มาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงดินทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่า Total N, Soil Exchangeable K, Soil Available P, Soil Exchangeable Ca, Soil Exchangeable Mg เพิ่มขึ้นกว่าการปล่อยแปลงให้ว่าง โดยพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของดินจะเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อทำการทดลองไปอย่างน้อย 3 ปีต่อเนื่อง (Pankhurst et al., 2003)

ตารางที่ 1 ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าเคมีของดินก่อนการปลูกพืชข้าว (ข้าวไร่) ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Trt.	pH	EC	OM (%)	Total N	Total P	Total K	Available P	Exchangeable K	Exchangeable Ca	CEC
0-15	1:1 H ₂ O	(dS/m)		(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(c mol (+)/kg)
T1	5.6	0.062	0.78	0.072	109	188	23.0	72.2	236	4.24
T2	5.5	0.061	0.76	0.070	105	204	18.2	72.2	208	4.69
T3	5.4	0.058	0.76	0.070	105	274	18.7	61.5	210	3.92
T4	5.5	0.054	0.73	0.075	118	231	18.8	63.6	206	3.96
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
15-30										
T1	5.5	0.059	0.72	0.065	105	165	20.6	57.1	224	3.99
T2	5.4	0.055	0.72	0.069	103	170	17.6	60.3	216	4.51
T3	5.3	0.055	0.71	0.070	98	180	17.0	55.3	194	4.57
T4	5.5	0.052	0.69	0.071	104	157	19.4	51.9	210	4.20
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns=ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน โดยการวัดค่าของแข็ง น้ำ และความหนาแน่นของดิน พบว่าดินชั้นล่าง (15-30 ซม.) ให้ค่า bulk density ที่สูงกว่าดินชั้นบน (0-15 ซม.) คือ 1.57 และ 1.43 ตามลำดับ และพบว่า ค่าความชื้นของดินชั้นบนมีค่ามากกว่าดินชั้นล่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากดินชั้นล่างมีอนุภาคที่เป็นของแข็งมากกว่าชั้นบน จากค่าการวิเคราะห์ soil

porosity พบว่าในดินชั้นล่างจะมีของแข็งที่เป็นสัดส่วนที่มาก ทำให้อากาศและน้ำในดินชั้นล่างมีน้อยกว่าดินชั้นบนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) แต่ยังไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ โดยพบว่าการใช้ค่า porosity ของดินมาจำแนกความหนาแน่นของดินทางกายภาพเป็นการบอกสัดส่วนของของแข็ง ของเหลว และอากาศในดินต่อพื้นที่ได้ (USDA, 2014) นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้โสน (*Sesbania aculeate*) เป็นปุ๋ยพืชสด ทำให้ค่าความพรุนของดินดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลถั่ว (Sultani et al., 2007) เช่นเดียวกับไมยราบ (*Mimosa invisa*) (Salahin et al., 2013) แต่ยังไม่มีการศึกษาในข้าวไร่

ตารางที่ 2 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินก่อนการปลูกพืชนา (ข้าว) ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Treatments	Bulk Density	Soil Moisture (%)	Solid (%)	Air (%)
0-15 cm.				
T1	1.46	7.48	57.6	35.0
T2	1.46	7.37	58.0	34.6
T3	1.38	7.33	54.4	38.3
T4	1.42	7.58	55.8	36.6
Mean	1.43	7.44	56.4	36.1
	ns	ns	ns	ns
15-30 cm.				
T1	1.56	5.73	62.0	32.3
T2	1.59	5.56	62.1	32.3
T3	1.54	5.86	61.1	33.0
T4	1.59	5.60	62.8	31.6
Mean	1.57	5.69	62.0	32.3
	ns	ns	ns	ns
<i>F-test Combined</i>				
Levels	**	**	**	**
Treatments	ns	ns	ns	ns
L x T	ns	ns	ns	ns

ns=ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

ภายหลังจากการปลูกข้าวได้มีการเก็บข้อมูลดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน พบว่า ค่า Total K ให้ค่าแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์ในดินชั้นบน (0-15 ซม.) โดยดินในแปลงที่ปลูกข้าวไร่พันธุ์สกลนครให้ค่า Total K สูงกว่าแปลงข้าวชีวแม่จัน และแปลงที่ไม่มีการตายหญ้า รวมถึงแปลงที่มีการตายหญ้า (ตารางที่ 3) ถึงแม้ว่าโพแทสเซียมจะเป็นธาตุอาหารที่พืชนำไปช่วยในการสังเคราะห์แสง การปิด-เปิดปากใบ และควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์ แต่พืชสามารถใช้ธาตุที่เป็นแคโทไอออนอื่นทดแทนได้ เช่น Ca^{2+} ในพืชที่ไม่มีการขาดน้ำ หรือไม่ได้ปลูกในพื้นที่เค็มจึงไม่มีการดูดใช้โพแทสเซียมสูงมาก (ยงยุทธ, 2543) และนอกจากนั้นยังมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม

ให้กับพืชในแปลงปลูกพืชในอัตรา 3.75 กก./ไร่ (K_2O) โดยพบว่าในแปลงที่มีวัชพืชมีการดูดใช้โพแทสเซียมที่น้อย (มีโพแทสเซียมในดินมาก) เช่นเดียวกับแปลงข้าวสกลนคร และยังพบว่าในดินชั้นบนมีค่า Total K ต่ำกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากมีบางส่วนที่ถูกดูดไปใช้โดยข้าวไร่ซึ่งดินชั้นบนอยู่ในระยะราก (root zone) คือในระดับ 0-15 ซม. และเนื่องจากการชะล้างของหน้าดินทำให้แปลงที่ปล่อยว่างแบบตายหญ้ามีค่า total K ที่ต่ำกว่าแปลงอื่นๆ เนื่องจากธาตุอาหารสามารถถูกชะล้างออกไปได้จากน้ำฝน (Kaiser et al., 2016) โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นดินทราย (Rengel and Damon, 2008)

ตารางที่ 3 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนไถกลบตอซังข้าว และหญ้า ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Trt.	pH	EC	OM	Total N	Total P	Total K	Available P	Exchangeable K	Exchangeable Ca	CEC
	1:1 H ₂ O	(dS/m)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(c mol (+)/kg)
0-15										
T1	5.6	0.022	0.72	0.039	103	152 b	15.9	32.3	218	3.94
T2	5.5	0.022	0.70	0.038	106	200 a	16.0	43.4	198	5.11
T3	5.7	0.021	0.70	0.039	99	156 b	14.8	33.3	200	4.12
T4	5.8	0.024	0.73	0.041	100	180 ab	10.1	34.6	212	4.34
Mean	5.7	0.022	0.71	0.040	102	172	14.2	35.9	207	4.38
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
15-30										
T1	5.9	0.017	0.48	0.032	96	250	9.0	29.9	230	4.50
T2	5.5	0.016	0.46	0.033	98	260	8.3	31.7	186	4.48
T3	5.3	0.017	0.49	0.035	94	252	8.7	44.8	168	3.79
T4	5.7	0.019	0.50	0.036	96	246	7.2	34.2	238	5.01
Mean	5.6	0.018	0.48	0.034	96	252	8.3	35.2	206	4.45
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>F-test Combine</i>										
Level	ns	**	**	**	*	**	**	ns	ns	ns
Treat	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L x T	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$, T1= ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

การปลูกข้าว หรือการปล่อยแปลงว่างมีผลต่ออากาศในดิน (Aerotion) โดยพบว่าทรีตเมนต์ให้ผลแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p -value = 0.0415) (ตารางที่ 4) และพบว่าการปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า (22.1%) และการปลูกข้าวพันธุ์สกลนคร (20.8%) ทำให้อากาศในดินมากกว่าการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า (19.9%) และการปลูกข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน (16.8%) ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกข้าวที่มีรากหนาหรือการปล่อยให้มีวัชพืชคลุมดิน ทำให้ความหนาแน่นของของแข็งในดินมากกว่าการกำจัดวัชพืชหรือการใช้พันธุ์ข้าวที่มีรากล้นน้อยกว่า เช่นเดียวกับงานทดลองของ Nascente et al. (2015) ที่พบว่าการปล่อยแปลงว่างจะทำให้ค่า soil aggregation stability ลดลง มากกว่าการปลูกพืชคลุม ซึ่งส่งผลต่อความพรุนของดินที่ต่ำทำให้มีอากาศและน้ำใน

ระหว่างอนุภาคของดินต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าดินชั้นที่ลึกกว่าจะมีความหนาแน่นที่มากกว่า เช่นเดียวกับงานทดลองนี้ที่มีค่า bulk density ที่เพิ่มขึ้นเมื่อดินมีความลึกเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าของแข็งในดิน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินก่อนไถกลบตอซังข้าว และหญ้า ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Treatments	Bulk Density	Soil Moisture (%)	Solid (%)	Air (%)
0-15 cm.				
T1	1.59	13.85	68.7	17.4
T2	1.55	14.17	63.5	22.4
T3	1.52	12.41	63.6	24.0
T4	1.53	15.35	63.8	20.9
Mean	1.55	13.95	64.9	21.2
	ns	ns	ns	ns
15-30 cm.				
T1	1.69	10.91	72.9	16.2
T2	1.62	12.45	68.3	19.3
T3	1.64	11.29	68.6	20.1
T4	1.61	11.23	69.9	18.9
Mean	1.64	11.47	69.9	18.6
	ns	ns	ns	ns
<i>p-value Combined</i>				
Levels	**	**	**	*
Treatments	ns	ns	ns	*
L x T	ns	ns	ns	ns

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$, $p < 0.01$. T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

ตารางที่ 5 ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตของข้าว และข้อมูล biomass ของทรีตเมนต์ที่มีการไถกลบลงดิน (T1, T2 และ T4)

Trt.	Tiller no.	Panicle no.	Plant Height (cm)	Panicle length (cm)	Seed/panicle	1000 swt. (g)	GY (kg/rai)	TDM (kg/rai)	HI	Biomass (kg/rai)
T1	18.3	17.2	175	31.9	190.5	28.6	536.2	2351.8	0.23	1676
T2	19.8	18.7	163	28.9	158.5	30.5	398.2	2190.7	0.18	1780
T4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1548
Mean	19.0	18.0	169	30.4	174.5	29.6	467.2	2271.2	0.21	1668
F-test	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$, NA=ไม่มีการเก็บข้อมูล, T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลข้าว และทำการสับต่อซึ่งที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวไถกลบลงดิน เช่นเดียวกับแปลงหญ้าที่ทำการสับ และไถกลบลงดิน โดยมวลชีวภาพที่ไถกลบของข้าวพันธุ์สกลนคร มีน้ำหนักสูงที่สุดคือ 1,780 กก./ไร่ ตามด้วยข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน และแปลงหญ้า ตามลำดับ (ตารางที่ 5) การให้ผลผลิตเมล็ดของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์สกลนคร ถึง 150 กก./ไร่ โดยในบางการศึกษาพบว่าการปลูกข้าวเป็นพืชหมุนเวียนในแปลงอ้อยนอกจากจะทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดข้าวในระหว่างที่ปล่อยแปลงว่างแล้ว ยังทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นถึง 7.9 ตัน/เฮกแต และทำให้ดินมีฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นด้วย (Schueneman et al., 2008)

หลังจากเก็บเกี่ยวข้าว ทำการไถกลบต่อซึ่งข้าวลงดิน หลังจากนั้นทำการปลูกอ้อย ระยะห่างระหว่างต้น 50 ซม. และระยะห่างระหว่างแถว 120 ซม. หลังจากไถกลบต่อซึ่งข้าวและหญ้า 8 สัปดาห์ ทำการเก็บข้อมูลดิน พบว่า ค่า EC ค่า Available P และ Exchangeable K ให้ผลแตกต่างทางสถิติในดินชั้นบน (0-15 ซม.) โดยพบว่าการปลูกข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน(T1) ทำให้ค่าดังกล่าวสูงกว่าการปลูกข้าวพันธุ์สกลนคร(T2) การตายหญ้า(T3) รวมถึงการไม่ตายหญ้า(T4) ด้วย (ตารางที่ 6) ในดินที่มีการไถกลบต่อซึ่งข้าวส่งผลให้มีค่าเคมีของดินดังกล่าวสูงกว่าในแปลงที่ไม่มีการปลูกข้าว เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีการสะสมโพแทสเซียมในต้นสูงเมื่อเทียบกับพืชตระกูลหญ้าด้วยกัน เช่น พวงข้าวสาลี เนื่องจากการดูดซึมที่มากกว่า คือประมาณ 14.5 กก./ตันของฟางข้าว ทำให้มีความเข้มข้นในต้นสูง และมีการสะสมในส่วนของฟางที่มากตามไปด้วย (Singh et al., 2004) และพบว่าเมื่อไถกลบต่อซึ่งข้าวไปเป็นเวลา 6-8 สัปดาห์จะทำให้ธาตุอาหารที่ต้นพืชสะสมไว้ในส่วนของลำต้นและใบย่อยสลายออกมาในดิน (Gao et al., 2016; Villegas-Pangga et al., 2000) ซึ่งจะพบค่า Exchangeable K มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อไถกลบไปแล้ว 8 สัปดาห์เมื่อเทียบกับหลังการเก็บเกี่ยวข้าวไรในทันที (Time 2) (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 6 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังไถกลบตอซังข้าว และหญ้า 8 สัปดาห์ ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Trt.	pH	EC	OM	Total N	Total P	Total K	Available P	Exchangeable K	Exchangeable Ca	CEC
0-15	1:1 H ₂ O	(dS/m)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(c mol (+)/kg)
T1	6.3	0.052 a	0.80	0.037	102.2	208.8	20.02 a	74.0 a	262	3.58
T2	6.0	0.040 b	0.72	0.032	96.1	187.5	14.58 b	52.3 bc	210	3.67
T3	5.9	0.033 b	0.73	0.033	85.4	177.7	16.14 ab	42.2 c	206	3.83
T4	5.9	0.041 b	0.74	0.035	96.6	185.6	12.92 b	63.4 ab	222	3.21
Mean	6.0	0.041	0.75	0.034	95.1	189.9	15.92	58.0	225	3.57
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
15-30										
T1	5.6	0.049	0.79	0.051	100.7	168.0	22.18	66.0	216	3.71
T2	5.8	0.045	0.74	0.033	93.7	179.7	15.15	51.3	190	3.20
T3	5.6	0.047	0.73	0.034	98.2	179.7	15.39	46.1	196	3.62
T4	5.6	0.045	0.76	0.035	94.8	205.1	13.50	66.5	186	3.86
Mean	5.65	0.047	0.76	0.038	96.9	183.11	16.56	57.5	197	3.60
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>F-test Combine</i>										
Level	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Treat	ns	ns	*	ns	ns	ns	**	**	ns	ns
L x T	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$, T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สุกนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

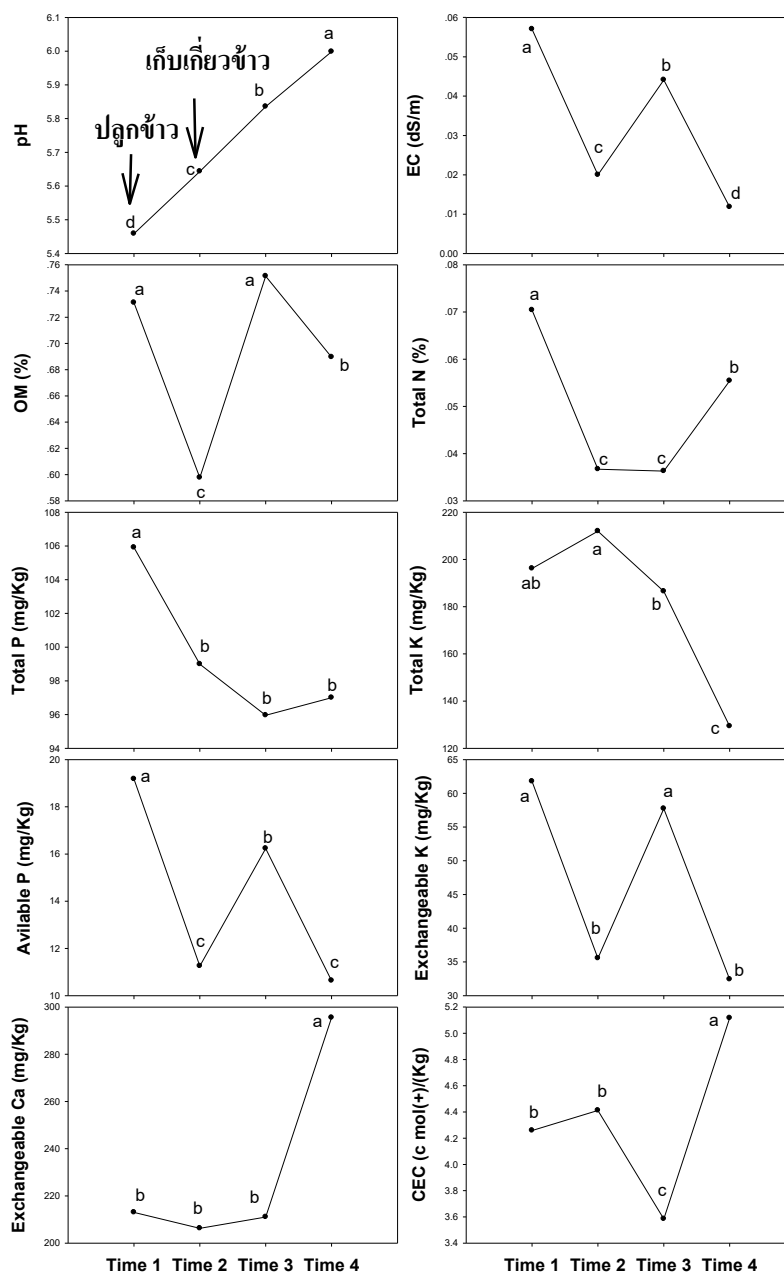
คุณสมบัติทางเคมีของดิน ในดินชั้นบน (0-15 ซม.) ในแปลงข้าวชีวแม่จันเป็นแปลงที่ให้ค่า Exchangeable K, Total K และค่า OM สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ และพบว่าในดินชั้นล่าง (15-30 ซม.) ค่า Available P ของแปลงข้าวชีวแม่จันเป็นทรีตเมนต์ที่ให้ค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ข้อมูลปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชั้นดินและพรีตเมนต์ของคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังไถกลบตอซังข้าว และหญ้า 8 สัปดาห์ ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Soil Depth (cm.)	Trt.	OM	Total K	Available P	Exchangeable K
0-15	T1	0.80 a¹	209 a	20.0 ab	74.0 a
0-15	T2	0.72 c	188 abc	14.6 c	52.3 bcd
0-15	T3	0.73 bc	178 bc	16.1 bc	42.2 d
0-15	T4	0.74 abc	186 abc	12.9 c	63.4 abc
15-30	T1	0.79 ab	168 c	22.2 a	66.0 ab
15-30	T2	0.74 abc	180 abc	15.2 bc	51.3 bcd
15-30	T3	0.73 bc	180 abc	15.4 bc	46.1 cd
15-30	T4	0.76 abc	205 ab	13.5 c	66.5 ab
Mean		0.75	187	16.2	57.7

¹ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, T1=ข้าวพันธุ์จิ๋วแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

จากการศึกษาและทำการเก็บข้อมูลทางเคมีของดิน โดยทำการเก็บก่อนปลูกข้าว หลังเก็บเกี่ยวข้าว หลังจากการไถกลบตอซังข้าวและหญ้าเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าเมื่อไถกลบตอซัง 8 สัปดาห์ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นจากก่อนปลูกข้าวคือ 5.45 เป็น 6.0 ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย และพบว่าค่าการแลกเปลี่ยนประจุ (EC), ค่า OM, available P, exchangeable K และ exchangeable Ca มีค่าลดลงเมื่อปลูกข้าวหรือเมื่อเริ่มพรีตเมนต์ (time 2) เนื่องจากเกิดการดูดใช้ธาตุอาหารในดินของพืชนา (Karamanos, 2013) และค่าดังกล่าวกลับเพิ่มขึ้นเมื่อไถกลบตอซังและหญ้า 8 สัปดาห์ (time 3) และลดลงอีกครั้งเมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย (time 4) ยกเว้น exchangeable Ca ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นมากในระยะนี้ เนื่องจากเกิดการย่อยสลายของธาตุอาหารบางตัวในตอซังและเศษซากพืชหลังจากการไถกลบ (Ponnamperuma, 1984; Villegas-Pangga, 2000) โดยการลดลงของ Total N และ Total P เมื่อปลูกพืช (ภาพที่ 1) แสดงให้เห็นว่าเศษซากพืชไม่มีการชดเชยกลับมายังดิน ทั้งนี้จากการศึกษาของ Gregory et al. (2009) พบว่าพืชนาบางชนิดมีการดูดใช้ธาตุอาหาร และส่งไปยังเมล็ดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพบว่า 25-50 เปอร์เซ็นต์ จะถูกส่งไปยังเมล็ด ทำให้ไม่มีการสะสมในต้น หรือใบ ทำให้การไถกลบลงดินไม่มีผลต่อธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะในพืชที่มีระบบการลำเลียงที่ดี เช่นพืชตระกูลหญ้า และพืชหัว จะมีการสะสมธาตุอาหารในส่วน of ผลผลิต เช่น เมล็ด หรือหัว มากกว่าส่วนของลำต้น หรือใบ (Waters et al., 2009; Kolbe and Stephan-beckmann, 1997)



ภาพที่ 1 การตอบสนองของพรีตเมนต์ใน 4 ช่วงเวลาที่เก็บ (Time 1 = ก่อนปลูกข้าว, Time 2 = หลังปลูกข้าว, Time 3 = หลังไถกลบ 8 สัปดาห์ และ Time 4 = เก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย) ในคุณสมบัติทางเคมีของดิน, ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างครั้งที่เก็บ

อย่างไรก็ตามการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินหลังการไถกลบต่อซัง 8 สัปดาห์พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางกายภาพระหว่างพรีตเมนต์ แต่มีความแตกต่างระหว่างชั้นดินบน และดินชั้นล่าง พบว่าดินชั้นล่างมีความชื้น ความหนาแน่นของดิน และเนื้อดิน (solid) สูงกว่าดินชั้นบน (ตารางที่ 8) เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลังจากทำการศึกษามากกว่า 7 ปี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยวมาเป็นเวลานานติดต่อกัน (Pankhurst et al., 2003)

ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางกายภาพของดินหลังไถกลบตอซังข้าว และหญ้า 8 สัปดาห์ ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Treatments	Bulk Density	Soil Moisture (%)	Solid (%)	Air (%)
0-15 cm.				
T1	1.45	11.52	62.8	25.7
T2	1.42	11.34	60.9	27.8
T3	1.48	11.67	57.5	30.8
T4	1.53	11.66	66.7	21.7
Mean	1.47	11.55	62.0	26.5
	ns	ns	ns	ns
15-30 cm.				
T1	1.70	13.20	77.9	8.9
T2	1.70	13.51	76.8	9.7
T3	1.69	13.22	76.8	9.9
T4	1.69	13.84	77.6	8.6
Mean	1.69	13.44	77.3	9.3
	ns	ns	ns	ns
F-test Combined				
Levels	**	**	**	**
Treatments	ns	ns	ns	ns
L x T	ns	ns	ns	ns

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ, T1= ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

การศึกษาคุณสมบัติทางทางเคมีของดินในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยพบว่า OM ค่า Total P ค่า available P และค่า exchangeable Ca มีความแตกต่างทางทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์และมีความแตกต่างระหว่างชั้นดินบนและดินชั้นล่างในค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่า OM ค่า available P และค่า exchangeable K และเมื่อพิจารณาในแต่ละชั้นดินไม่พบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ของคุณสมบัติทางเคมีของดินในช่วงเก็บเกี่ยวอ้อย(ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Trt.	pH	EC	OM (%)	Total N	Total P	Total K	Available P	Exchangeable K	Exchangeable Ca	CEC
0-15	1:1 H ₂ O	(dS/m)	(%)(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(c mol (+)/kg)
T1	6.0	0.013	0.73	0.055	103	127	12.0	38.2	326	4.65
T2	6.0	0.013	0.68	0.055	96	127	11.7	38.4	302	5.85
T3	5.9	0.011	0.66	0.057	93	122	10.1	36.7	298	5.46
T4	6.0	0.012	0.73	0.057	100	144	11.4	32.0	304	4.89
Mean	5.79	0.012	0.7	0.1	97.6	130.2	11.3	36.3	308	5.2
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
15-30										
T1	6.0	0.012	0.72	0.058	103	136	10.3	29.2	300	4.82
T2	6.1	0.010	0.67	0.055	98	126	11.0	24.3	290	5.33
T3	6.0	0.012	0.64	0.052	91	118	9.9	31.9	274	5.00
T4	6.0	0.011	0.67	0.055	95	131	8.6	28.6	270	4.95
Mean	5.67	0.0	0.7	0.1	96.4	127.9	10.0	28.5	283.5	5.0
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test Combine										
Level	*	ns	**	ns	ns	ns	**	*	ns	ns
Treat	ns	ns	*	ns	*	ns	**	ns	*	ns
L x T	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$, T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการคายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการคายหญ้า

อย่างไรก็ตามการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของดินในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย พบว่าไม่มีความแตกต่างทางกายภาพระหว่างทรีตเมนต์ แต่มีความแตกต่างระหว่างชั้นดินบน และดินชั้นล่าง พบว่าดินชั้นล่างมีความชื้น ความหนาแน่นของดิน และเนื้อดิน (solid) สูงกว่าดินชั้นบน แต่อากาศในดินต่ำกว่าดินชั้นบน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อย ในดิน 2 ระดับ; 0-15 และ 15-30 ซม.

Treatments	Bulk Density	Soil Moisture (%)	Solid (%)	Air (%)
0-15 cm.				
T1	1.5379	7.374	37.736	54.89
T2	1.5544	6.24	41.17	52.59
T3	1.5219	6.489	38.901	54.61
T4	1.5153	9.744	35.496	54.76
Mean	1.5324	7.4618	38.326	54.213
F-test	ns	ns	ns	ns
15-30 cm.				
T1	1.6391	11.409	42.996	45.595
T2	1.6186	10.424	43.301	46.275
T3	1.6235	12.331	42.884	44.785
T4	1.5608	9.933	42.235	50.395
Mean	1.6105	11.024	42.854	46.763
F-test	ns	ns	ns	ns
<i>p-value Combined</i>				
Levels	**	**	**	**
Treatments	ns	ns	ns	ns
L x T	ns	ns	ns	ns

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$, T1=ข้าวพันธุ์ ชิวแม้งัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

จากการเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของดินทั้ง 4 ครั้งมีผลแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น Total K ที่ไม่แตกต่างระหว่างครั้งที่เก็บ และพบว่าชั้นดินมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดิน ค่า OM ค่า Available P และ ค่า exchangeable K และนอกจากนั้นในแต่ละทรีตเมนต์ยังส่งผลให้ ค่า OM ค่า Total P ค่า Available P และ Exchange Ca มีความแตกต่างกัน โดยพบว่ามีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรีตเมนต์และครั้งในการเก็บในค่า Exchangeable K และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างชั้นดินและครั้งที่เก็บตัวอย่างดินในค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดิน ค่า OM ค่า Total N และ ค่า Available P (ตารางที่ 11) การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีของดินมีความแตกต่างกันไปในแต่ละครั้งของการเก็บเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพืชที่ปลูกในแต่ละพื้นที่ โดยพบว่าการดูแลและการสะสมในดินพืชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในดิน (Gregory et al., 2009) โดยค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน และค่า Available P ซึ่งเป็นค่าที่มีการถูกตรึงในดินได้สูง ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ดอน หรือที่ราบสูง (Mahisarakul et al., 2002)

ตารางที่ 11 แสดงค่า mean square ของคุณสมบัติทางเคมีของดิน จากการ combine ระหว่างครั้งที่เก็บ (Time) ชั้นดิน (Level) และทรีตเมนต์ (Treatment)

Source	DF	pH 1:1 H ₂ O	EC (dS/m)	OM (%) (%) (%)	Total N (%)	Total P (mg/kg)	Total K (mg/kg)	Available P (mg/kg)	Exchange able K (mg/kg)	Exchange able Ca (mg/kg)	CEC (c mol (+)/kg)
Time(T)	3	2.190**	0.01754**	0.186**	0.01078**	802.0**	51861	669.9**	9029.7**	73267**	15.806**
Level(L)	1	0.581*	0.00004	0.219**	0.00007	376.2	531	145.5**	1033.4*	8280	0.001
Treatment(Tr)	3	0.179	0.00013	0.012*	0.00009	390.4*	832	107.5**	231.8	8236*	1.334
TxL	3	0.260*	0.00020	0.112**	0.00017*	168.8	31897	79.2*	286.0	1844	0.179
TxTr	9	0.060	0.00007	0.004	0.00009	73.0	2254	26.2	507.5**	945	0.775
LxTr	3	0.036	0.00005	0.000	0.00003	54.8	261	2.5	254.4	327	1.313
TxLxTr	9	0.082	0.00003	0.001	0.00005	62.7	1770	6.4	47.2	840	0.353
Error	128	0.092	0.00010	0.003	0.00005	131.7	2832	20.9	157.4	2451	1.075

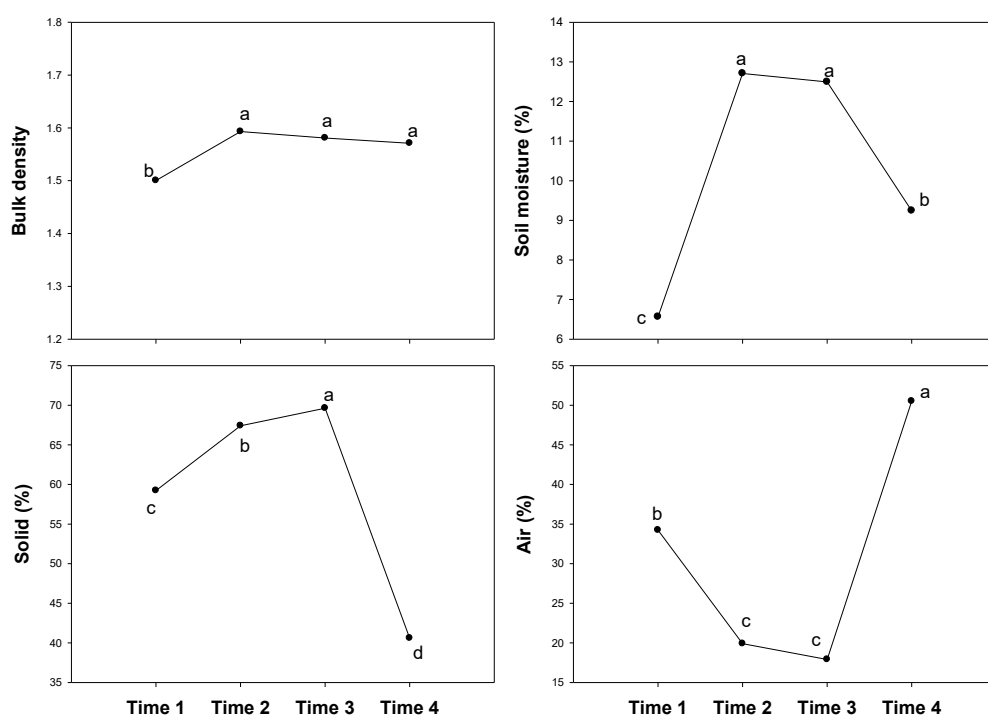
* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินทั้ง 4 ครั้ง และแต่ละชั้นดินมีผลแตกต่างกันทางสถิติทุกลักษณะได้แก่ bulk density ความชื้นดิน เนื้อดิน และอากาศในดิน และพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่เก็บและชั้นดินในทุกลักษณะทางกายภาพของดิน นอกจากนี้ยังพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชั้นดิน ครั้งที่เก็บตัวอย่างและทรีตเมนต์ (ตารางที่ 12) โดยพบว่าค่า bulk density ค่าเนื้อดิน และความชื้น มีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการปลูกข้าว และไถกลบตอซัง (ภาพที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกพืชทำให้ค่าความแน่นของดินเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของรากพืช ซึ่งนอกจากจะทำให้เนื้อดินเพิ่มขึ้น ยังทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความสามารถในการรักษาน้ำของดินดีขึ้น เพราะต้นพืชช่วยลดการคายระเหยน้ำจากผิวดิน (evaporation) และลดการชะล้างของหน้าดินด้วย (Denmead and Shaw, 1962)

ตารางที่ 12 แสดงค่า mean square ของคุณสมบัติทางกายภาพของดิน จากการ combine ระหว่างครั้งที่เก็บ (Time) ชั้นดิน (Level) และทรีตเมนต์ (Treatment)

Source	DF	Bulk density	Soil moisture	Solid	Air
Time (T)	3	590.71**	1137.5**	6964.5**	9131.9**
Level (L)	1	40.50**	12.7*	2312.7**	2401.0**
Treatment (Tr)	3	1.05	1.5	37.5	41.1
T x L	3	29.06**	38.4**	264.9**	439.2**
T x Tr	9	1.03	1.3	30.5	30.1
L x Tr	3	3.69	1.2	7.4	25.7
T x L x Tr	9	3.55*	1.2	13.0	8.4
Error	128	1.65	2.1	24.2	24.8

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ

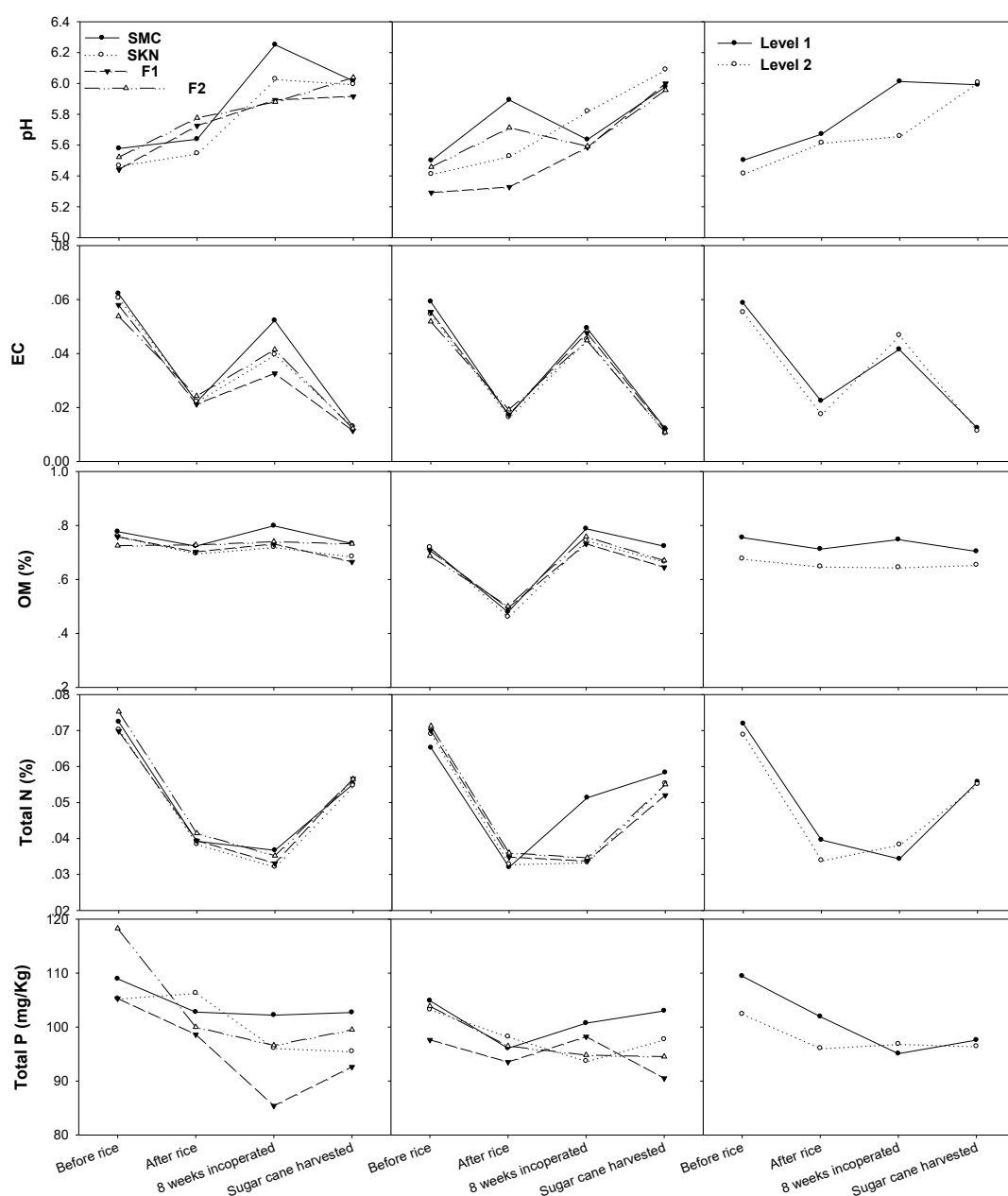


ภาพที่ 2 การตอบสนองของทรีตเมนต์ใน 4 ช่วงเวลาที่เก็บ (Time 1 = ก่อนปลูกข้าว, Time 2 = หลังปลูกข้าว, Time 3 = หลังไถกลบ 8 สัปดาห์ และ Time 4 = เก็บเกี่ยวอ้อย) ในคุณสมบัติทางกายภาพของดิน, ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างครั้งที่เก็บ

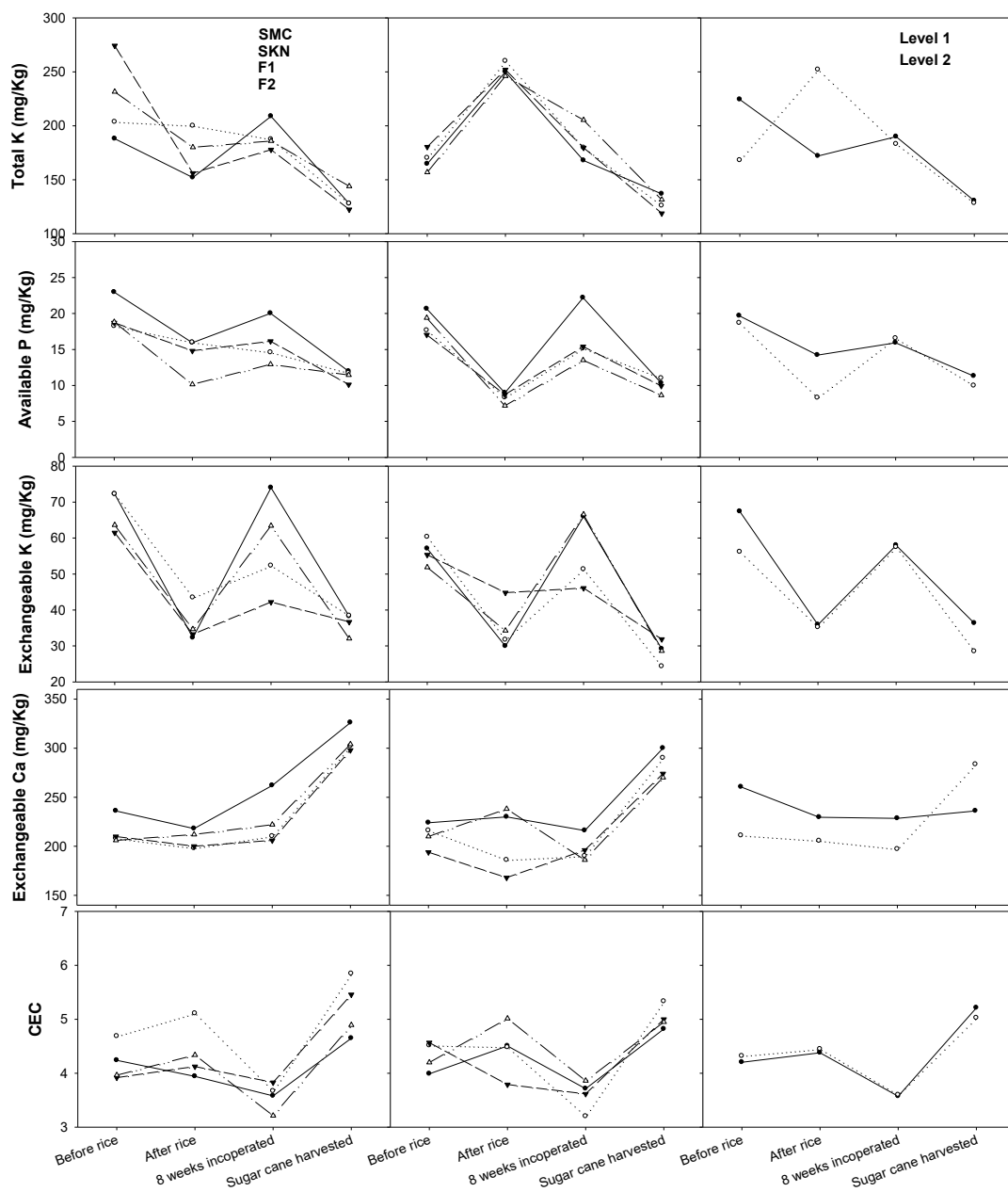
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์จะเกิดขึ้นเมื่อไถกลบตอซังไปแล้วเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยเฉพาะค่า EC และค่า Exchangeable K ซึ่งแปลงข้าวพันธุ์ชีวแม่จันให้ค่าสูงที่สุดทั้งค่า EC และ Exchangeable K (ภาพที่ 3) เนื่องจากว่าข้าวพันธุ์ดังกล่าวมีค่าผลผลิตมวลชีวภาพสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารบางตัวในดิน และการปล่อยแปลงว่างโดยมีการตายหญ้าทำให้ค่าดังกล่าวต่ำที่สุด โดยพบว่า Exchangeable K เป็น

ธาตุที่มีการดูดใช้ที่มากเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มจะทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุได้ (Graham et al., 2002)

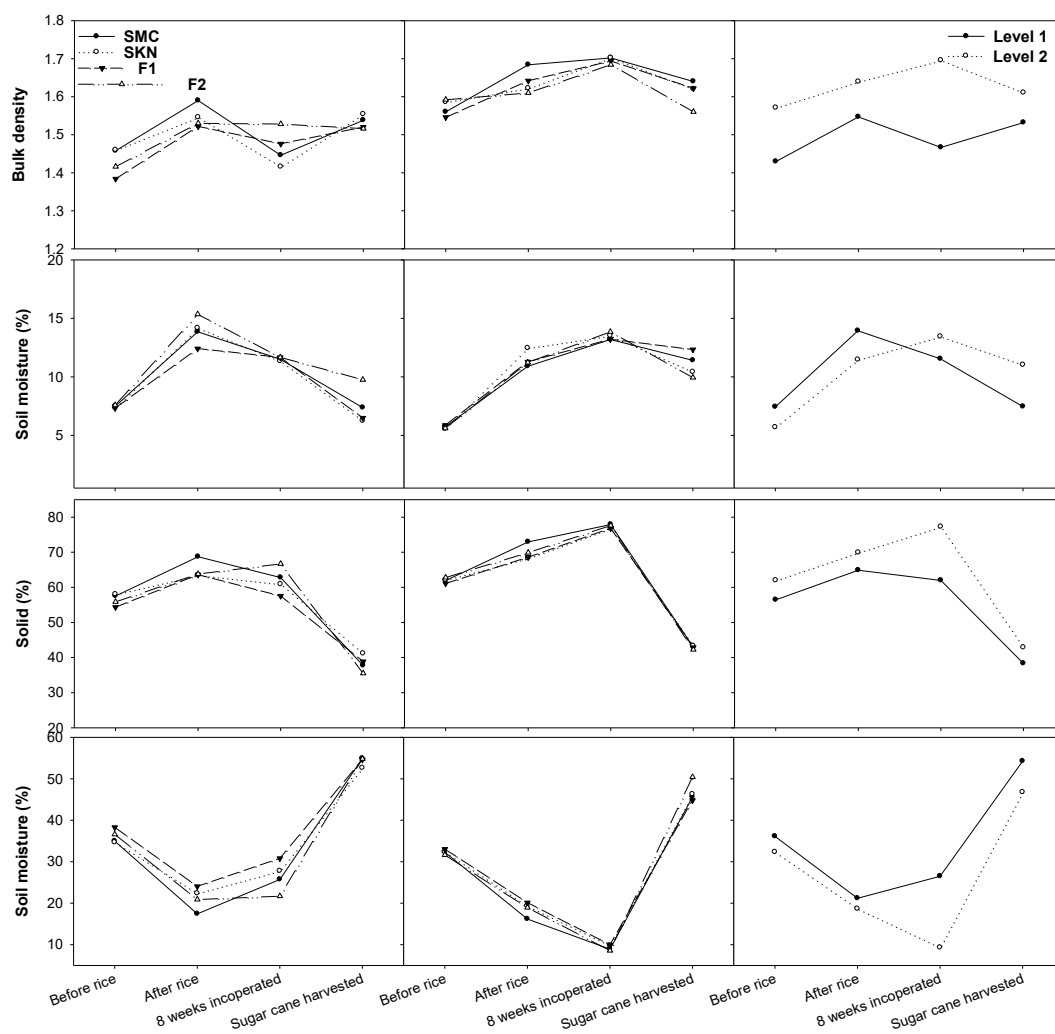
การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพของดินพบว่าหลังการปลูกข้าวทำให้ค่าความหนาแน่นของดิน (bulk density) เพิ่มขึ้น ช่องอากาศในดินลดลง และความชื้นเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีรากพืชที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในทริตเมนต์ที่มีการปลูกพืช (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 การตอบสนองของทริตเมนต์ใน 3 ช่วงเวลาที่เก็บ (ก่อนปลูกข้าว, หลังปลูกข้าว, หลังไถกลบ 8 สัปดาห์ และ Time 4 = เก็บเกี่ยวอ้อย) ในแต่ละคุณสมบัติทางเคมีของดิน (คอลัมน์ซ้ายและกลาง) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินของดินสองระดับ (คอลัมน์ขวา) ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างทริตเมนต์ในแต่ละครั้งที่เก็บ



ภาพที่ 3 (ต่อ) การตอบสนองของทรีตเมนต์ใน 3 ช่วงเวลาที่เก็บ (ก่อนปลูกข้าว, หลังปลูกข้าว และ หลังไถกลบ 8 สัปดาห์) ในแต่ละเคมีของดิน (คอลัมน์ซ้ายและกลาง) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินของดินสองระดับ (คอลัมน์ขวา) ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในแต่ละครั้งที่เก็บ



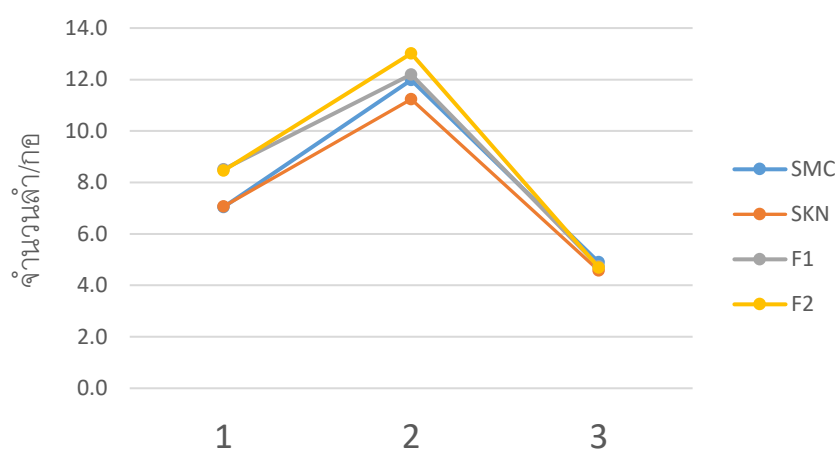
ภาพที่ 4 การตอบสนองของทรีตเมนต์ดิน 3 ช่วงเวลาที่เก็บ (ก่อนปลูกข้าว, หลังปลูกข้าว หลังไถกลบ 8 สัปดาห์ และ เก็บเกี่ยวอ้อย) ในแต่ละกายภาพของดิน (คอลัมน์ซ้ายและกลาง) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินของดินสองระดับ (คอลัมน์ขวา) ตัวอักษรแสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ดินในแต่ละครั้งที่เก็บ

4.2 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของพืช (อ้อย)

ตารางที่ 13 ข้อมูลจำนวนลำต่อกอ และความสูงของอ้อยเมื่ออายุ 64, 125 และ 182 วันหลังปลูก

Treatments	Tiller number at DAP			Plant high at 182 DAP
	64	125	182	
T1	7.0	12.0	4.9	154.4
T2	7.1	11.2	4.6	146.0
T3	8.5	12.2	4.7	164.8
T4	8.5	13.0	4.7	161.0
เฉลี่ย	7.8	12.1	4.7	156.5
F-test	ns	ns	ns	ns

T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการคายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการคายหญ้า



ภาพที่ 5 การแตกกอของอ้อยเมื่ออายุ 64, 125 และ 182 วันหลังปลูก

การเจริญเติบโต และการแตกกอของอ้อย พบว่า จำนวนลำของอ้อยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุ 125 วันหลังปลูก แต่เมื่ออ้อยอายุ 182 วันหลังปลูก พบว่า จำนวนลำต่อกอลดลง (ตารางที่ 13 และภาพที่ 5) กล่าวคือ เมื่ออ้อยเจริญเติบโตและมีพื้นที่ใบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของแปลง จะเกิดการลดลงของจำนวนลำของอ้อยเนื่องจาก อ้อยต้องลดพื้นที่การรับแสงเนื่องจากเกิดการบังใบ ทำให้จำนวนหน่ออ้อยลดลง และยังพบว่าจำนวนลำของอ้อยจะลดลงตามกฎของ source strength และ sink size โดยเมื่อพื้นที่ใบลดลงจากการแก่ของใบ (leaf senescence) ที่ไม่มีความจำเป็น ทำให้ source ลดลง ดังนั้น sink ที่มีความแข็งแรงที่สุดจึงอยู่รอดได้ ทำให้จำนวนลำของอ้อยลดลง เมื่ออ้อยอายุ 190 วันหลังออก (Singels and Smit, 2002)

ปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อยได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบอ้อย พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ นอกจากนี้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตอ้อยระหว่างทรีตเมนต์

ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 14) มีแนวโน้มว่าแปลงที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน (T1) และ ข้าวพันธุ์สกลนคร (T2) เป็น มีปริมาณธาตุอาหารในใบสูงกว่าทรีตเมนต์ปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า (T3) และทรีตเมนต์ที่มีการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า (T4) และจะเห็นว่าทรีตเมนต์ที่มีการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าทรีตเมนต์อื่นๆคือ 22.2 ต้นต่อไร่ ส่วนความหวาน (CCS) และองค์ประกอบของ CCS ได้แก่ ค่า brix ค่า pol ค่าความบริสุทธิ์ และค่าเปอร์เซ็นต์เส้นใยพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ ยกเว้นค่าความบริสุทธิ์ ทรีตเมนต์ที่มีการปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า (T4) มีความบริสุทธิ์ของความหวานสูงสุด ต่อมาเป็น ทรีตเมนต์ที่มีการปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า (T3) แปลงที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน (T1) และ ข้าวพันธุ์สกลนคร (T2) ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตอ้อย

Treatment	Leaf N	Leaf P	Leaf K	Tiller no.	Diameter (mm)	Plant Height (cm)	Yield (t/rai)
T1	1.56	0.16	0.63	4.85	29.4	270.5	21.8
T2	1.55	0.17	0.57	4.91	28.6	268.1	20.7
T3	1.50	0.15	0.55	4.59	30.2	282.6	21.6
T4	1.50	0.16	0.58	4.97	30.7	264.0	22.2
Mean	1.53	0.16	0.58	4.83	29.7	271.3	21.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$, T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

ตารางที่ 15 ข้อมูลค่าความหวาน และองค์ประกอบของ CCS

Treatment	Brix (Fresh) (%)	Brix (%)	CCS (%)	Pol (%)	fiber (%)	purity (%)
T1	19.8	19.9	12.4	16.8	12.1	84.1 a
T2	20.2	19.5	11.8	16.1	12.1	82.5 a
T3	21.1	20.8	13.3	17.9	12.7	85.9 ab
T4	21.0	21.1	13.7	18.2	11.9	86.3 b
Mean	20.5	20.3	12.8	17.2	12.2	84.7
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*

ns, * และ ** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$, T1=ข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน, T2=ข้าวพันธุ์สกลนคร, T3=การปล่อยแปลงว่างแบบมีการตายหญ้า และ T4=การปล่อยแปลงว่างแบบไม่มีการตายหญ้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณสมบัติของดินในแปลงที่มีการปลูกพืชนา (ข้าวไร่) ก่อนการปลูกพืชตาม (อ้อย) โดยทำการเก็บข้อมูลดิน และพืชนาและพืชตาม พบว่า การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ความแตกต่างระหว่างทริตเม้นต์จะเกิดขึ้นเมื่อไถกลบตอซังไปแล้วเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยเฉพาะค่า EC และค่า Exchangeable K ซึ่งแปลงข้าวพันธุ์ชีวแม่จันให้ค่าสูงสุด เนื่องจากว่าข้าวพันธุ์ดังกล่าวมีค่า biomass สูงที่สุด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารบางตัวในดิน และการปล่อยแปลงโดยมีการตายหญ้าทำให้ค่าดังกล่าวต่ำที่สุด โดยพบว่า Exchangeable K เป็นธาตุที่มีการดูดใช้ที่มากเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มจะทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุได้ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพของดินพบว่าหลังการปลูกข้าวทำให้ค่าความหนาแน่นของดิน (bulk density) เพิ่มขึ้น ช่องอากาศในดินลดลง และความชื้นเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีรากพืชที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในทริตเม้นต์ที่มีการปลูกพืช

การเจริญเติบโต การแตกกอและผลผลิตของอ้อย พบว่า จำนวนลำของอ้อยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุ 125 วันหลังปลูก แต่เมื่ออ้อยอายุ 182 วันหลังปลูกและระยะเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่า จำนวนลำตอกลดลง เนื่องจากการลดพื้นที่รับแสงของใบทำให้เกิดการลดลงของ source ดังนั้น sink ที่มีความแข็งแรงที่สุดจึงสามารถอยู่รอดได้ทำให้จำนวนลำของอ้อยลดลง เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวอ้อยได้นำใบอ้อยไปตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารในใบได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทริตเม้นต์ แต่ทริตเม้นต์ที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชีวแม่จัน และสกลนครมีแนวโน้มว่ามีปริมาณธาตุอาหารในใบสูงกว่าทริตเม้นต์อื่น นอกจากนี้ทริตเม้นต์ที่มีการปล่อยแปลงแบบไม่มีการตายหญ้า มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าทริตเม้นต์อื่นๆ และมีความบริสุทธิ์ของความหวานสูงที่สุดด้วย

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. ลักษณะและคุณสมบัติของชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน เอกสารวิชาการฉบับที่ 55/03/48. 72 หน้า.
- เพิ่มพูน กীরติกสิกร. 2527. ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. โครงการสิ่งตีพิมพ์ทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยความช่วยเหลือจากสถานทูตแคนาดาประจำประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1. 266 หน้า.
- ยงยุทธ โอสธสภ. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 424 หน้า.
- Adesoji, A. G., Abubakar, I. U., Labe, D. A. 2014. Soil chemical properties as affected by incorporated legumes and nitrogen in soil with maize (*Zea mays* L.) in a semi-arid environment. International Journal of Agriculture Innovations and Research, 3: 888-894.
- Carvalho, N.S., Oliveira, A.B.B., Pessoa, M.M.C., Neto, V.P.C., Silva de Sousa, R., Rodrigues da Cunha, J., Coutinho, A.G., Maria dos Santos, V., Ferreira de Araujo, A.S. 2015. Short-term effect of different green manure on soil chemical and biological properties. African Journal of Agricultural Research, 10: 4076-4081.
- Denmead, O.T., Shaw, R. H. 1962. Availability of Soil Water to Plants as Affected by Soil Moisture Content and Meteorological Conditions. Journal Paper No. J-4017 of the Iowa Agricultural and Home Economics Experiment Station, Ames, Iowa.
- Gao, H., Chen, X., Wei, J., Zhang, Y., Zhang, L., Chang, J., et al. 2016. Decomposition Dynamics and Changes in Chemical Composition of Wheat Straw Residue under Anaerobic and Aerobic Conditions. PLoS ONE 11(7): e0158172. doi:10.1371/journal.pone.0158172.
- Graham, M.H., Haynes, R. J., Meyer, J. H. 2002. Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. European Journal of Soil Science, 53: 589-598.
- Gregory, P. J., Marshall, B., Biscoe, P. V. 2009. Nutrient relations of winter wheat:3. Nitrogen uptake, photosynthesis of flag leaves and translocation of nitrogen to grain. The Journal of Agricultural Science. 96: 539-547.
- Kaiser, D.E., Rosen, C.J., Lamb, J.A. 2016. Extension Specialists in Nutrient Management. Regents of the University of Minnesota. Online available at: www.extension.umn.edu/agriculture/nutrientmanagement/ Cited on May, 11 2017.
- Karamanos, R. E. 2013. Nutrient Uptake and Metabolism in Crops. Prairie Soils & Crops Journal, 6: 52-63.
- Kolbe, H., Stephan-beckmann, S. 1997. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. Potato Research, 40: 135 – 153.

- Mahisarakul, J., Siripaibool, C., Claimon, J., Pakkong, P. 2002. Field assessment of the relative agronomic effectiveness of phosphate rock materials in a soybean-maize crop rotation using ^{32}P isotope techniques. In: IAEA, Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilisers to optimize crop production, pp. 265-274. Soil and Water & Crop Nutrition Management Section International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Nascente, A.S., Li, Y., Crusciol, C.A.C. 2015. Soil Aggregation, Organic Carbon Concentration, and Soil Bulk Density as Affected by Cover Crop Species in a No-Tillage System. *R. Bras. Ci. Solo*, 39: 871-879.
- Pankhurst, C.E., Magarey, R.C., Stirling, G.R., Blair, B.L., Bell, M.J., Garside, A.L. 2003. Management practices to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland, Australia. *Soil & Tillage Research*, 72: 125–137.
- Patcharapreecha, P., Topark-Ngarm, B., Goto, I., Kimura, M. 1989. Studies on saline soils in Khon Kaen region, northeast Thailand I. Physical and chemical properties of saline soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 35: 171-179.
- Ponnamperuma, F.N. 1984. Straw as a source of nutrients for wetland rice. In: *Organic Matter and Rice*, IRRI, Los Banos, Philippines, 117-136.
- Rengel, Z., Damon, P.M. 2008. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiologia Plantarum*, 133: 624–636.
- Salahin, N., Alam, M.K., Islam, M.M., Naher, L., Majid, N.M. 2013. Effects of green manure crops and tillage practice on maize and rice yields and soil properties. *Australian Journal of Crop Science*, 7: 1901-1911.
- Schueneman, T., Rainbolt, C., Gilbert, R. 2008. Rice in the Crop Rotation. In: *Rice*, R. W. (Ed.). *The Florida Sugarcane Handbook*, an electronic publication Web Site at <http://edis.ifas.ufl.edu>. The Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Singels, A., Smit, M.A. 2002. The effect of row spacing on an irrigation plant crop of sugarcane variety NCO376. *Proc S Afr Sug Technol Ass*, 76: 94-105.
- Singh, B., Singh, Y., Imas, P., Jianchang, X. 2004. Potassium nutrition of the rice-wheat cropping system. *Advances in Agronomy*, 81: 203-259. doi: 10.1016/S0065-2113(03)81005-2.
- Sultani, M.I., Gill, M.A., Anwar, M.M., Athar, M. 2007. Evaluation of soil physical properties as influenced by various green manuring legumes and phosphorus fertilization under rain fed conditions. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4: 109-118.

- USDA. 2014. Soil bulk density/moisture/aeration. Soil health-Guides for Educators. 11 pp.
- Villegas-Pangga, G., Blair, G., Lefroy, R. 2000. Measurement of decomposition and associated nutrient release from straw (*Oryza sativa* L.) of different rice varieties using a perfusion system. Plant and Soil, 223: 1-11.
- Villegas-Pangga, G., Blair, G., Lefroy, R. 2000. Measurement of decomposition and associated nutrient release from straw (*Oryza sativa* L.) of different rice varieties using a perfusion system. Plant and Soil, 223: 1–11.
- Waters, B. M., Uauy, C., Dubcovsky, J., Grusak, M. A. 2009. Wheat (*Triticum aestivum*) NAM proteins regulate the translocation of iron, zinc, and nitrogen compounds from vegetative tissues to grain. Journal of Experimental Botany, 60; 4263–4274.