



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

อิทธิพลของระบบการเกษตรกรรมที่ต่อเนื่องการสูญเสีย
ธาตุอาหารในดินที่พัฒนาการสูง

ศุภิมา ณะจิตต์ และ คณะ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ อิทธิพลของระบบการเกษตรกรรมที่ต่อการสูญเสีย
ธาตุอาหารในดินที่พัฒนาการสูง

ดร. ศุภิมา ฐนะจิตต์
ศาสตราจารย์ ดร. เอิบ เขียวรีนรมณ์

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

MRG5180266

อิทธิพลของระบบการเกษตรกรรมที่ต่อเนื่องการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่พัฒนาการสูง

ศุภิมา ธนะจิตต์ และ เอิบ เขียวรีนรมณ์

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail Address : agrspc@ku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 15 พฤษภาคม 2551 – 15 พฤษภาคม 2553

บทคัดย่อ

ผลของวิธีการไถพรวนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน Arenic Haplustult ได้ดำเนินการทดลองในจังหวัดนครราชสีมา โดยพื้นที่แปลงทดลองมีความลาดชันร้อยละ 4 ประกอบด้วยการไถพรวนดินสำหรับการปลูกข้าวโพดแบบปกติ (ไถพลิกดินด้วยพาดสามแล้วพรวนดินด้วยพาดเจ็ด) และการไถพรวนแบบอนุรักษ์ 3 วิธีการ ได้แก่ การลดการไถพรวนดิน (ไถพรวนดินด้วยพาดเจ็ด) การไถพรวนดินแบบทิ้งเศษเหลือ (ไถพรวนดินด้วยพาดเจ็ดและทิ้งเศษซากพืชไว้ที่ผิวดิน) และการไม่ไถพรวนดิน หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดในปี 2551 ได้ปล่อยพื้นที่ว่างเปล่าและปลูกข้าวโพดในพื้นเดิมในปี 2552 โดยแต่ละวิธีการไถพรวนได้ดำเนินการในแปลงทดลองเดิม การปลูกข้าวโพดโดยการลดการไถพรวนดินมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2.92 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ การไถพรวนดินแบบทิ้งเศษเหลือ การไถพรวนดินแบบปกติ และการไม่ไถพรวนดินโดยมีผลผลิตเฉลี่ย 2.71, 2.57 และ 2.44 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ การสูญเสียดินภายใต้การไม่ไถพรวนมีปริมาณต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 1.59 ตันต่อเฮกตาร์ เช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่ติดไปกับตะกอนดินต่ำที่สุด การไถพรวนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินยกเว้นความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร โดยการไม่ไถพรวนส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมสูงสุด 1.55 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การลดการไถพรวนมีแนวโน้มให้ความชื้นน้ำใช้ประโยชน์ได้ (ร้อยละ 4.5-4.9 โดยปริมาตร) และ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (5.2-6.2 กรัมต่อกิโลกรัม) สูงกว่า แต่การไถพรวนดินแบบทิ้งเศษเหลือ มีแนวโน้มให้เมล็ดดินเสถียรน้ำ (ร้อยละ 45.3-25.9) ไนโตรเจน (0.15-0.24 กรัมต่อกิโลกรัม) ฟอสฟอรัส (1.7-5.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และโพแทสเซียมเป็นประโยชน์ (15.7-22.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไถพรวนดินรูปแบบอื่น การไถพรวนดินแบบปกติและการไม่ไถพรวนมีแนวโน้มให้ไนโตรเจน และโพแทสเซียมเคลื่อนที่ออกไปจากเขตรากพืชได้เร็วกว่าวิธีการไถพรวนอีกสองวิธีการ ตามลำดับ

คำหลัก : ไถพรวนดินปกติ, ลดการไถพรวน, ไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ, ไม่ไถพรวน, สมบัติดิน, Arenic Haplustult

Abstract

MRG5180266

Influence of Upland Tillage Systems on Nutrient Loss in Highly Weathered Soils

Suphicha Thanachit and Irb Kheoruenromne

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

E-mail Address : agrspc@ku.ac.th

Project Period : 15 May 2008 - 15 May 2010

Abstract:

Effect of tillage practices on soil property changes under maize grown on an Arenic Haplustult was carried out under field experiment in Nakhon Ratchasima Province. The studied area has undulating surface with 4% slope. Maize was grown in two consecutive years during 2008-2009. The trials comprised conventional tillage using 3-disc followed by 7-disc plough, and three other conservation tillage methods including reduced tillage using only 7-disc plough, mulch tillage using 7-disc plough with crop residues left to cover soil surface, and no tillage. The experimental area was left idle in between the first and second crops. Reduced tillage was the most suitable for maize grown on this soil, potentially giving the maximum grain yield with the average amount of 2.92 t ha^{-1} followed by 2.71 , 2.57 and 2.44 t ha^{-1} which were obtained from mulch-, conventional, and no tillage respectively. The significantly lowest amount of soil loss of 1.59 t ha^{-1} coinciding with the lowest loss of nitrogen and potassium was found from no tillage plot. There was no statistical difference in changes of soil properties as affected by tillage systems except for bulk density of soil at the depth of 10-20 cm. The bulk density value of 1.55 Mg m^{-3} obtained from no-tillage treatment was the highest while total porosity value tended to be the lowest. Reduced tillage had the tendency of giving greater available water capacity (4.5-4.9% by vol.) and organic matter content ($5.2\text{-}6.2 \text{ g kg}^{-1}$) while mulch tillage tended to have better water stable aggregate (45.3-25.9%), higher total nitrogen ($0.15\text{-}0.24 \text{ g kg}^{-1}$), available phosphorus ($1.7\text{-}5.7 \text{ mg kg}^{-1}$) and potassium ($15.7\text{-}22.2 \text{ mg kg}^{-1}$) than did other tillage practices. Conventional tillage induced the loss of nitrogen more quickly than did the others whereas potassium was leached out from the rooting zone very rapidly under no tillage system.

Keywords : conventional tillage, reduced tillage, much tillage, no tillage, soil property, Arenic Haplustult

Executive summary

ได้ดำเนินการศึกษาถึงผลของการไถพรวนดินสำหรับการปลูกข้าวโพดแบบปกติ (ไถพลิกดินด้วยผาลสามแล้วพรวนดินด้วยผาลเจ็ด) และการไถพรวนแบบอนุรักษ์ 3 วิธีการ ได้แก่ การลดการไถพรวนดิน (ไถพรวนดินด้วยผาลเจ็ด) การไถพรวนดินแบบหึ่งเศษเหลือ (ไถพรวนดินด้วยผาลเจ็ดและหึ่งเศษซากพืชไว้ที่ผิวดิน) และการไม่ไถพรวนดิน ที่มีต่อผลผลิตข้าวโพด การเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน และการสูญเสียธาตุอาหารไปจากดินโดยวัดจากการดูดใช้โดยข้าวโพด การติดไปกับตะกอนดิน และจากการชะละลายเกินเขตรากพืช

การทดลองดำเนินการในปี 2551-2552 โดยจัดทำแปลงทดลองขนาด 5×15 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 4 เมตร พร้อมบ่อดักตะกอนบริเวณทิศด้านลาดของแปลงทดลองขนาด 5 × 0.4 × 0.6 เมตร ในอำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพื้นที่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 330 เมตร และมีความลาดชันร้อยละ 2 สภาพให้น้ำซึมผ่านผิวดินได้เร็ว และการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดินปานกลาง ดำเนินการปลูกข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก 313 ในเดือนกรกฎาคม 2551 และ 2552 บนดิน Arenic Haplustult ที่มีภาระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย ดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.7-5.7) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำทั้งดินบนและดินล่าง โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ

ในปี 2551 เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเมื่ออายุ 150 วัน จากนั้นปล่อยพื้นที่ว่างเปล่าและปลูกข้าวในพื้นที่เดิมในปี 2552 โดยแต่ละวิธีการไถพรวนได้ดำเนินการในแปลงทดลองเดิม เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดที่อายุ 130 วัน และก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด 1 วัน ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ 3 ระดับความลึก (0-10, 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร) ในทั้ง 2 ปีการทดลองทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10, 30 และ 50 เซนติเมตร หลังจากการใส่ปุ๋ย 1 วัน และทำการชั่งตัวอย่างดินในบ่อดักตะกอน หลังจากสิ้นสุดการทดลองในแต่ละปี

ผลการศึกษาพบว่าวิธีการเตรียมดินแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพด การปลูกข้าวโพดโดยการไถพรวนดินด้วยผาลเจ็ดในการเตรียมดินมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงที่สุด (2.92 ตันต่อเฮกตาร์) การไถพรวนแบบอนุรักษ์มีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดต่ำกว่าการไถพรวนดินปกติ โดยเฉพาะการไม่ไถพรวนที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดต่ำที่สุด (เฉลี่ย 2.44 ตันต่อเฮกตาร์) ซึ่งสอดคล้องกับการดูดกินธาตุอาหารหลักที่มีแนวโน้มต่ำที่สุด

การไม่ไถพรวนจะส่งผลให้ดินที่ระดับ 10-20 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.55 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าการไถพรวนทั้ง 3 วิธีการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม การไถพรวนแบบอนุรักษ์โดยเฉพาะการไถพรวนดินแบบหึ่งเศษเหลือ มีแนวโน้มให้สมบัติดินส่วนใหญ่ดีกว่าการไถพรวนแบบปกติ ได้แก่ ร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำ ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ในปี 2551 การไม่ไถพรวนดินมีผลให้ปริมาณการสูญเสียดินต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1.59 ตันต่อเฮกตาร์) ในปี 2552 ตะกอนดินมีปริมาณลดลงจากปี 2551 ในทุกวิธีการไถพรวน ยกเว้นการไถพรวนแบบปกติ แต่กลับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามในทุกวิธีการไถพรวนไนโตรเจนจะติดไปกับตะกอนดินมากที่สุดอยู่ในพิสัย 3.25-8.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่โพแทสเซียม (0.21-0.88 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และ ฟอสฟอรัส (0.23-0.39 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ซึ่งการลดการไถพรวน และการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือส่งผลให้สูญเสียไนโตรเจน และ โพแทสเซียมไปกับตะกอนดินสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 8.0 และ 0.38 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มให้ไนโตรเจน และโพแทสเซียมติดไปกับตะกอนดินต่ำที่สุดเท่ากับ 4.69 และ 0.21 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้การไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือมีแนวโน้มให้ข้าวโพดดูดใช้ธาตุอาหารสูงที่สุดโดยเฉพาะโพแทสเซียม (เฉลี่ย 29.59 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)

ในทุกวิธีการไถพรวนดิน ฟอสฟอรัสอยู่ที่ในเขตรากพืชได้นานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม ขณะที่การไถพรวนแบบปกติมีแนวโน้มให้การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารหลักไปจากเขตรากพืชได้เร็วกว่าการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์ อย่างไรก็ตามการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือเป็นวิธีการที่ช่วยชะลอการสูญเสียไนโตรเจน และ โพแทสเซียมโดยการชะละลายไปจากเขตรากพืชได้ดีกว่าวิธีการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์อีกสองวิธี

จากผลการศึกษาที่ได้ทั้งสองปีการทดลอง พบว่า วิธีการไถพรวนดินทั้ง 4 วิธีการ (ไถพลิกดินด้วยผาลสามแล้วพรวนดินด้วยผาลเจ็ด ไถพรวนดินด้วยผาลเจ็ด ไถพรวนดินด้วยผาลเจ็ดและทิ้งเศษซากพืชไว้ที่ผิวดินและการไม่ไถพรวนดิน) มีผลต่อผลผลิตข้าวโพด การเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน และการสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจากการดูดใช้ของข้าวโพด การติดไปกับตะกอนดิน และการเคลื่อนที่เกินเขตรากพืชไม่ชัดเจน จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องในระยะยาวดังเช่นที่มีการศึกษามานานในต่างประเทศเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความชัดเจนมากขึ้น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์มีแนวโน้มให้สมบัติดินดีขึ้น แต่กลับมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดต่ำกว่าการไถพรวนแบบปกติ แสดงให้เห็นว่าการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์อาจทำให้ไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเนื่องจากมีเศษซากพืชจะสลายตัวช้าและต่อซึ่งเหล่านั้นมีค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนสูงจึงจำเป็นต้องให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าการปลูกข้าวโพดในระบบไถพรวนแบบปกติ นอกจากนี้ในทุกวิธีการไถพรวนเกิดการสูญเสียธาตุปุ๋ยออกไปจากเขตรากพืชอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยมูลไก่ อย่างต่อเนื่องร่วมกับการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์เพื่อลดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุ ในระยะยาวจะส่งเสริมให้สมบัติทางกายภาพของดินเนื้อหยาบดีขึ้น ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำให้แก่ดิน และช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุปุ๋ยไว้ นอกจากนี้ควรทำการใส่ปุ๋ยให้ตรงกับเวลาที่พืชต้องการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ย และการเลือกชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน เช่น การใส่ปุ๋ยละลายช้าในรูปไนเตรทเพื่อลดการสูญเสียไนโตรเจนก็เป็นสิ่งสำคัญ

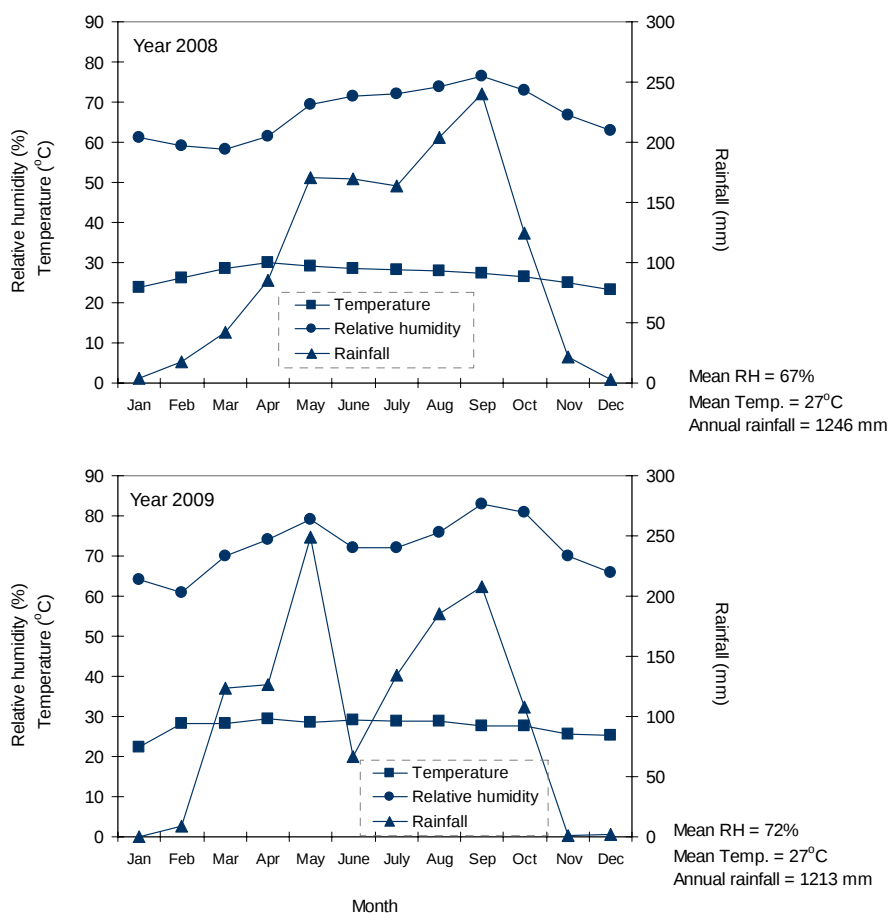
วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาการตอบสนองของผลผลิตข้าวโพดและการดูดใช้ธาตุอาหารพืชภายใต้วิธีการไถพรวนแบบปกติ และแบบอนุรักษ์
- 2) เพื่อศึกษาผลของวิธีการไถพรวนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการ
- 3) เปรียบเทียบการสูญเสียดินและธาตุอาหารภายใต้ระบบการไถพรวนที่แตกต่างกัน

วิธีทดลอง

1. พื้นที่ทำการทดลอง

คัดเลือกพื้นที่แปลงทดลอง โดยพื้นที่ทำการศึกษาก็คือแปลงเกษตรกร ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 330 เมตร ลักษณะพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ที่มีความลาดเทร้อยละ 2 และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1200 มิลลิเมตรต่อปี (ภาพที่ 1) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552)



ภาพที่ 1 ปริมาณการแจกกระจายของน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ในจังหวัดนครราชสีมาปี 2551-2552

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการไถพรวน 4 วิธีการ ดังนี้

วิธีการที่ 1 (CT) การไถพรวนดินแบบปกติ (conventional tillage) โดยการเปิดหน้าดินด้วยรถไถที่ติดตั้งชุดจานไถที่เป็นผาล 3 จากนั้นไถพรวนดินด้วยผาล 7

วิธีการที่ 2 (RT) การลดการไถพรวน (reduced tillage) โดยการไถพรวนดินด้วยรถไถที่ติดตั้งชุดไถจานผาล 7 จำนวน 1 ครั้ง

วิธีการที่ 3 (MT) การไถพรวนแบบหึ่งเศษเหลือ (mulch tillage) โดยการไถพรวนดินด้วยรถไถที่ติดตั้งชุดไถจานผาล 7 และทำการคลุมดินด้วยเศษซากพืช

วิธีการที่ 4 (NT) ดำรับควบคุม ไม่มีไถพรวนดิน (no tillage)

3. การเตรียมแปลงทดลอง

ประกอบด้วย 16 แปลงทดลอง ซึ่งมีขนาด 5×15 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 4 เมตร การจัดเตรียมแปลงทดลอง เริ่มต้นจากการพ่นสารกำจัดวัชพืช จากนั้นประมาณ 7 วัน จึงทำการไถเปิดหน้าดินโดยใช้รถไถติดด้วยชุดไถจานที่เป็นผาล 3 ขวางความลาดเท จำนวน 1 ครั้ง ในแปลงทดลองของวิธีการที่ 1 (CT) จากนั้นทำการพรวนดินโดยใช้รถไถติดด้วยชุดไถจานที่เป็นผาล 7 ขวางความลาดเท จำนวน 1 ครั้ง สำหรับแปลงทดลองของวิธีการที่ 1 (CT), 2 (RT) และ 3 (MT) และ ไม่มีการไถพรวนสำหรับแปลงทดลองของวิธีการที่ 4 (NT) จากนั้นทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก 313 โดยใช้ระยะปลูกเท่ากับ 75×25 เซนติเมตร หลังจากปลูกข้าวโพดแล้วทำการคลุมด้วยเศษซากพืชในแปลงทดลองของวิธีการที่ 3 (MT) และสำหรับแปลงทดลองของวิธีการที่ 4 (NT) ได้ใช้จอบทำเป็นแนวสำหรับปลูกเท่านั้น

ได้จัดทำบ่อปักตะกอนบริเวณด้านล่างในแต่ละแปลงย่อย (ทิศด้านลาดของแปลงทดลอง) จำนวน 16 บ่อ ขนาด 5 × 0.4 × 0.6 เมตร โดยใช้พลาสติกบุ และทำการเก็บตะกอนหลังจากสิ้นสุดการทดลอง (หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต) (ภาพที่ 2)

4. การปลูกและการดูแลรักษาข้าวโพด

ดำเนินการปลูกข้าวโพดโดยใช้แรงงานคน (Jab) ประมาณปลายเดือนกรกฎาคม 2551 และ 2552 ในปี ที่ 1 และ 2 และเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดที่อายุ 150 และ 130 วัน ตามลำดับ หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดในปี 2551 แล้วได้ปล่อยพื้นที่ว่างเปล่าและปลูกซ้ำในพื้นที่เดิมในปี 2552 โดยแต่ละวิธีการไถพรวนได้ดำเนินการในแปลงทดลองเดิม การใส่ปุ๋ย โดยในปีที่ 1 ทำการรองพื้นและใส่หลังปลูกข้าวโพดประมาณ 1 เดือน ด้วยปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 250 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ครั้งละเท่า ๆ กัน และในปีที่ 2 ได้ใส่ปุ๋ยสูตรเดียวกัน โดยรองพื้นในอัตรา 187.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และในอัตรา 125 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 1 เดือน โดยวิธีโรยข้างแถว ส่วนวิธีการดูแลรักษาอื่น ๆ ปฏิบัติตามคำแนะนำทั่วไป



ภาพที่ 2 แปลงทดลองข้าวโพดในตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

5. การเก็บข้อมูล

5.1 การเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลอง แบบ composite sample โดยเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) ที่ระดับความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ด้วยสว่านเจาะดิน

5.2 จัดทำข้อมูลลักษณะดินตัวแทนในพื้นที่ (site characterization) โดยขุดหลุมให้มีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร ตกแต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาของดินในสนาม ศึกษาสภาพแวดล้อมพร้อมทำคำอธิบายหน้าตัดดินในแต่ละชั้นดิน (เอิบ, 2542; Soil Survey Division Staff, 1993;) และเก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน (National Soil Survey Center, 1996) จากนั้นนำไปจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อยตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staffs, 2006) เพื่อใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

5.3 การเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10, 30 และ 50 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงย่อย เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารหลักในเขตรากพืช ทำการเก็บตัวอย่างดินหลังจากการใส่ปุ๋ย 1 วัน โดยในปีที่ 1 ทำการเก็บทุก ๆ 5 วัน จำนวน 5 ครั้ง และในปีที่ 2 ทำการเก็บทุก ๆ 2 วัน จำนวน 10 ครั้ง

5.4 การเก็บตัวอย่างดินหลังจากการทดลอง

ได้ดำเนินการก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด 1 วัน ในการทดลองของปีที่ 2552 โดยเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อย แปลงย่อยละ 2 บริเวณ ประกอบด้วย

5.4.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) ที่ 3 ระดับความลึก ได้แก่ 0-10, 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร โดยใช้สว่านเจาะดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารหลัก ความชื้นที่เป็นประโยชน์ และความเสถียรเม็ดดิน

5.4.2 ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกลอยเก็บตัวอย่างดิน (soil core) ที่ระดับความลึกเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม และสภาพน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัว

5.5 ทำการชั่งตัวอย่างดินในบ่อตักตะกอน หลังจากสิ้นสุดการทดลองในแต่ละปี จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อมาวิเคราะห์หาความชื้น และปริมาณธาตุอาหารหลัก

5.6 การเก็บข้อมูลผลผลิตพืช ทำการเก็บข้อมูลเมื่อข้าวโพดอายุครบ 120 วัน ประกอบด้วย น้ำหนักสดของต้นข้าวโพด และน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดที่ความชื้นร้อยละ 15

6. การวิเคราะห์ดินและพืช

นำตัวอย่างตะกอนดิน และตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนที่เก็บได้จากภาคสนาม นำมาผึ่งลมให้แห้ง บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีมาตรฐาน (ตารางที่ 1) และในระหว่างตะแกรงขนาด 1-2 มิลลิเมตร สำหรับการวิเคราะห์ความเสถียรเม็ดดิน สำหรับตัวอย่างพืช (เมล็ดข้าวโพดและตอซังของข้าวโพด) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด และนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 1)

Table 1 การวิเคราะห์ดินและพืชในห้องปฏิบัติการ

Analysis	Method	References	Sample type
<i>Physical analysis</i>			
1. Particle size analysis	Pipette method	Gee and Bauder, 1986	Soil
2. Bulk density	Core method	Blake and Hartge, 1986	Soil
3. Available water capacity	Soil core and pressure plates	Klute, 1986	Soil
4. Aggregate stability	Wet sieving	Kemper and Rosenau, 1986	Soil
<i>Chemical analysis</i>			
1. Soil reaction, pH	1:1 soil:solution in H ₂ O measured by pH meter	National Soil Survey Center, 1996	Soil
2. Organic carbon	Wet digestion and titration by Walkley-Black method	Nelson and Sommers, 1996	Soil
Organic matter	Organic carbon concentration × 1.724		
3. Total Nitrogen	Digestion with H ₂ SO ₄ -Na ₂ SO ₄ -Se mixture and measured by Kjeldahl method	Jackson, 1965	Soil, Sediment, Plant
4. Extractable bases (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ and K ⁺)	1 M NH ₄ OAc at pH 7.0 extraction and measured by AAS and flame emission spectrophotometer	Thomas, 1982	Soil
5. Available P	Bray II and measured by spectrophotometer	Bray and Kurtz, 1945	Soil
6. Cation exchange capacity	Saturating the exchange site and displacing by 1 M NH ₄ OAc, at pH 7.0	Chapman, 1965	Soil
7. Base saturation percentage	The sum of bases extracted by NH ₄ OAc (pH 7.0), divided by the sum of cations (extractable bases + extractable acidity) and multiplied by 100	National Soil Survey Center, 1996	Soil
8. Total P and K	Digestion with HNO ₃ -H ₂ SO ₄ -HClO ₄ acid mixture and measured by spectrophotometer and AAS	Yoshida et al., 1971	Plant, Sediment

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขึ้นไป

ผลและวิจารณ์

1. ดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

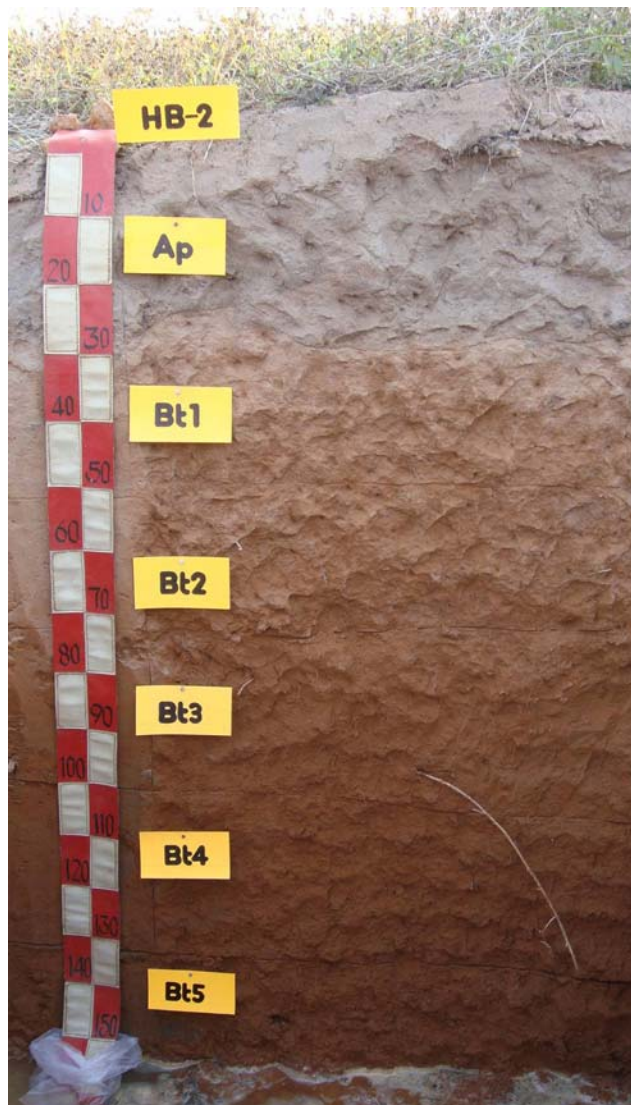
ดินมีพัฒนาการมาจากตะกอนล้าผิวดิน (wash deposit) ที่วางตัวอยู่บนวัสดุตกค้างของหินทราย เป็นดินลึก การระบายน้ำดี พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt แสดงให้เห็นว่ามีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก สภาพให้น้ำซึมผ่านผิวดินได้เร็ว การไหลบ่าของน้ำที่ผิวดินปานกลาง และพบน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 160 เซนติเมตร ในช่วงฤดูแล้ง

ดินบนหนา 32 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน ดินเป็นกรดจัด มีพีเอช 5.5 โครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมากถึงละเอียด มีความคงทนของโครงสร้างไม่แข็งแรง ดินล่างลึกตั้งแต่ 32-160 เซนติเมตร สีดินอยู่ในพิสัยสีเหลืองปนแดง สีเหลืองปนน้ำตาล และสีขาว ดินมีโครงสร้างเหมือนกับดินบนแต่มีขนาดใหญ่กว่า และมีความคงทนของโครงสร้างแข็งแรงกว่า โดยมีความคงทนแข็งแรงปานกลาง ถึงแข็งแรง พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าเม็ดดินและช่องว่างไม่ชัดเจน ดินเป็นกรดจัดและมีพีเอชลดลงเล็กน้อยจากดินบน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 5.0-5.5 (ภาพที่ 3)

1.1 สมบัติทางกายภาพ

ดินมีเนื้อดินอยู่ในพิสัยดินทรายปนดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย โดยมีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายอยู่ในพิสัย 756-854 กรัมต่อกิโลกรัม อนุภาคขนาดทรายแป้งอยู่ในพิสัย 69-109 กรัมต่อกิโลกรัม และอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่ในพิสัย 76-176 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) และแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในดินชั้นล่าง ทำให้ดินตอนบนมีอนุภาคขนาดทรายเหลืออยู่มาก ส่วนชั้นดินล่างจะมีอนุภาคขนาดเล็ก โดยเฉพาะดินเหนียวเพิ่มขึ้น (Buol et al., 2003; Soil Survey Staff, 2006)

ดินมีความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูงโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.53-1.64 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งส่งผลให้ค่าสภาพน้ำในขณะดินอิ่มตัวลดลงตามความลึก โดยดินบนอยู่ในระดับเร็วปานกลาง และระดับปานกลางถึงช้าปานกลางในชั้นดินล่าง (ตารางที่ 2) โดยทั่วไปดินบนจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่างจึงส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินต่ำกว่า และมีการสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่าง จึงส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น (Forth, 1990)



ภาพที่ 3 ลักษณะสภาพภูมิประเทศ และหน้าตัดดินตัวแทน (Arenic Haplustult) พื้นที่แปลงทดลอง

1.2 สมบัติทางเคมี

ดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.7-5.7) โดยมีค่าลดลงตามความลึก (ตารางที่ 2) แสดงว่าดินมีพัฒนาการค่อนข้างดี มีการชะละลายสูง ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการชะละลายประจุบวกที่เป็นต่างออกไปจากหน้าตัดดิน แล้วมีไฮโดรเจนไอออนมาสะสมอยู่ที่ผิวอนุภาคดิน (Brady and Weil, 2008) เป็นลักษณะของดินที่พบทั่วไปในเขตร้อน (Sanchez, 1976; Eiumnoh et al., 1984) อย่างไรก็ตาม พีเอชดินนอกจากจะบ่งบอกถึงระดับการผูกพันของดินและความรุนแรงของกระบวนการชะละลาย แล้วยังมีผลต่อการละลายของธาตุอาหารพืชในดินส่งผลต่อความเป็นประโยชน์หรือความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิด โดยดินที่มีพีเอชต่ำกว่า 5.5 ส่งเสริมให้เหล็กและอะลูมิเนียมละลายออกมามาก ซึ่งมักเข้าทำปฏิกิริยากับธาตุฟอสฟอรัสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งละลายน้ำยากขึ้น ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจึงลดลง นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ธาตุอะลูมิเนียมละลายออกมามากในสารละลายดินจนก่อให้เกิดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมซึ่งมักมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช (Brady and Weil, 2008)

ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับต่ำมาก (0.7-4.4 กรัมต่อกิโลกรัม) โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของเศษพืช ใบไม้ หรือรากพืช ที่อาจหลงเหลือมาจากการเกษตรกรรม หรือพืชพรรณธรรมชาติที่ขึ้นปกคลุมที่ผิวดิน (Halvin et al., 2005; Brady and Weil, 2008) ปริมาณไนโตรเจนรวมของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (ฟอสฟ 0.14-0.56 กรัมต่อกิโลกรัม, 0.5-2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, และ 5.77-11.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ แสดงให้เห็นว่าอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน นอกจากนี้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสสัมพันธ์กับค่าพีเอชดิน โดยดินที่เป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.7-5.7) ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงโดยไอออนที่ละลายได้พวก Fe^{+2} , Al^{+3} และไฮดรอกไซด์ของเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส เกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากของสารประกอบเหล็กฟอสเฟตและอะลูมิเนียมฟอสเฟต มีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดต่ำลง (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008)

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (1.86-2.31 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่งผลให้อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสมีค่าอยู่ในระดับต่ำตลอดหน้าตัดดิน (ร้อยละ 13.44-25.63) ปริมาณแคลเซียมและโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก (ฟอสฟ 0.30-1.19 และ 0.03-0.06 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (0.92-1.75) เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณโซเดียมที่สกัดอยู่ในระดับต่ำ (0.13-0.28 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดินกำเนิดดินไม่ได้มีแหล่งของแคตไอออนที่เป็นเบสเป็นองค์ประกอบ ร่วมกับตัวดินเองที่มีการชะละลายสูง (Bloom, 2000; Buol et al., 2003) จึงส่งผลให้เบสที่สกัดได้มีปริมาณต่ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินตัวแทน (Arenic Haplustult) ที่ใช้ในการศึกษา

Depth (cm)	Hor.	pH	OM	Extractable				CEC	BS	BD	Ksat	Sand	Silt	Clay	Texture
		1:1		K	Ca	Mg	Na								
		H ₂ O	(g kg ⁻¹)	(-----cmol _c kg ⁻¹ -----)				(%)	((Mg m ⁻¹))	(cm hr ⁻¹)		(-----g kg ⁻¹ -----)			
0-32	Ap	5.5	4.4	0.05	1.16	0.96	0.14	3.4	14.2	1.54	8	854	76	71	LS
32-51	Bt1	5.7	1.5	0.06	1.19	0.92	0.13	1.4	15.0	1.79	3	801	103	96	LS
51-72	Bt2	5.5	1.3	0.06	0.30	1.33	0.17	1.6	13.4	1.53	6	781	111	109	SL
72-101	Bt3	4.8	1.0	0.05	0.88	1.09	0.16	3.6	21.4	1.57	2	768	143	89	SL
101-132	Bt4	4.7	1.0	0.04	0.20	1.75	0.16	1.6	16.3	1.61	2	760	162	78	SL
132-150+	Bt5	4.7	0.7	0.03	0.68	1.08	0.28	2.6	25.6	1.57	2	756	176	69	SL

Remark: Hor. = horizon, OM = organic matter, CEC = cation exchange capacity, BS = base saturation, BD = bulk density, LS =loamy sand, SL =sandy loam.

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้อยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (5.99-13.96 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการชะละลายไอออนบวกที่เป็นต่าง และการแทนที่ของไฮโดรเจนไอออนในดิน และบ่งชี้ให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (Sanchez, 1976; Buol et al., 2003; Brady and Weil, 2008)

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก (1.4-3.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ตารางที่ 2) ซึ่งชั้นดินบนจะมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าดินล่างอย่างชัดเจนน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณอินทรีย์วัตถุของชั้นดินบนที่มีปริมาณสูงกว่าชั้นดินล่างอย่างชัดเจนเช่นกัน (Sanchez, 1976) อย่างไรก็ตาม ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของชั้นดินล่างเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว (Sanchez, 1976; Buol et al., 2003) แสดงให้เห็นว่าดินนี้อาจมีแร่เคโอลิไนต์ซึ่งมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (Buol et al., 2003; Brady and Weil, 2008)

1.3 การจำแนกดิน

ดินมีชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) ซึ่งได้มาจากการสะสมของอนุภาคดินเหนียวที่เคลื่อนย้ายจากชั้นดินบนลงมาสะสมในชั้นดินล่างอย่างชัดเจน และมีความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 ที่ระดับความลึก 125 เซนติเมตร จึงจัดอยู่ในอันดับดินอัลทิสอลส์ (Ultisol) และพื้นที่ที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำทำให้ดินมีความชื้นอยู่จำกัด มีเพียงพองเฉพาะในฤดูปลูกพืชเท่านั้น ซึ่งจัดเข้าในระบบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regime) ทำให้จัดอยู่ในอันดับดินย่อย Ustult อย่างไรก็ตามปริมาณดินเหนียวจะลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินมากกว่าร้อยละ 20 จึงสามารถจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Haplustult และมีเนื้อดินเป็นดิน

ทรายปนร่วนตลอดความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน จึงอยู่ในกลุ่มดินย่อย Arenic ดังนั้นดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา ตามระบบอนุกรมวิธานจัดจำแนกได้เป็น Arenic Haplustult

2 สมบัติดินก่อนทำการทดลอง

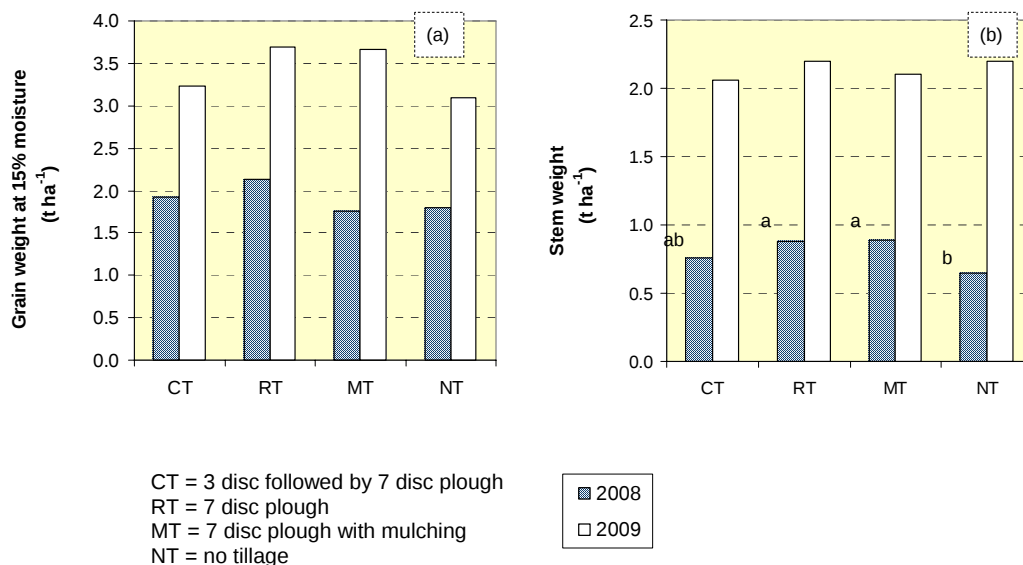
ดินบนเป็นกรดจัดและดินล่างเป็นกรดจัดมาก โดยมีพีเอชเท่ากับ 5.50 และ 5.18 ตามลำดับ ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ (6.3 กรัมต่อกิโลกรัม) ขณะที่ในดินล่างอยู่ในระดับต่ำมาก (4.20 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และแคลเซียมที่สกัดได้ของดินอยู่ในระดับต่ำมากทั้งดินบนและดินล่าง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.14-0.21 กรัมต่อกิโลกรัม 0.63-2.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 9.47-10.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.65-1.16 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ของดินบนและดินล่างอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าอยู่พิสัย 0.14 - 0.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ของดินบนอยู่ในระดับต่ำ (0.96 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และระดับปานกลางสำหรับดินล่าง (1.23 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่าอยู่ในระดับต่ำสำหรับดินบน (3.4 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และต่ำมากสำหรับดินล่าง (2.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 3)

3. ผลของการไถพรวนต่อข้าวโพด

ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดที่ความชื้นร้อยละ 15 ทั้งสองปีการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ภายใต้ทุกวิธีการไถพรวน (ภาพที่ 3) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Al-Darby and Lowery (1986), Beyaert et al. (2002) และ Mupangwa et al. (2007) ทั้งนี้อาจจะเป็นผลที่ตกค้างมาจากการปฏิบัติงานในอดีต จึงทำให้การไถพรวนเห็นผลไม่ชัดเจนในระยะแรก

ตารางที่ 3 สมบัติดินบน (0-30 เซนติเมตร) และ ดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง

Soil properties	Topsoils	Subsoils
pH (1:1 H ₂ O)	5.50	5.18
Organic matter (g kg ⁻¹)	6.30	4.20
Total N (g kg ⁻¹)	0.14	0.21
Available P (mg kg ⁻¹)	2.50	0.63
Available K (mg kg ⁻¹)	10.31	9.47
Extractable Ca (cmol kg ⁻¹)	1.16	0.65
Extractable Mg (cmol kg ⁻¹)	0.96	1.23
Extractable K (cmol kg ⁻¹)	0.05	0.05
Extractable Na (cmol kg ⁻¹)	0.14	0.26
CEC (cmol kg ⁻¹)	3.40	2.20



The different letters in graph are significantly different at $P < 0.05$ according to DMRT.

ภาพที่ 4 ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดที่ความชื้นร้อยละ 15 (a) และน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด (b) ภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

ถึงแม้การไถพรวนจะไม่มีผลต่อผลผลิตเมล็ดข้าวโพด แต่กลับส่งผลให้น้ำหนักแห้งต่อซังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปีที่ 1 โดยการไถพรวนแบบลดการไถพรวน โดยการไถพรวนดินด้วยผาล 7 จำนวน 1 ครั้ง (RT) ให้น้ำหนักแห้งต่อซังสูงที่สุดเท่ากับ 0.88 ตันต่อเฮกตาร์และมีแนวโน้มให้น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดสูงที่สุดเท่ากับ 2.13 และ 3.70 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับปี 2551 และ 2552 ตามลำดับ

การไถพรวนแบบทิ้งเศษซากพืช (1.76 และ 3.67 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับปี 2551 และ 2552 ตามลำดับ) และการไม่ไถพรวนดิน (1.79 และ 3.10 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับปี 2551 และ 2552 ตามลำดับ) มีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดต่ำกว่าการไถพรวนดินแบบปกติ (1.93 และ 3.23 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับปี 2551 และ 2552 ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ สาริต (2531) ที่รายงานว่าการไถพรวนดินแบบปกติจะส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดที่ปลูกในดินชุดดินลพบุรีสูงที่สุดเท่ากับ 3.78 ตันต่อเฮกตาร์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Randall and Iragavarapu (1995) ที่รายงานว่า ข้าวโพดที่ปลูกในระบบที่มีการไถพรวนจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่ไถพรวน โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโต เนื่องจากในระบบที่ไม่ไถพรวนดินจะส่งผลให้อุณหภูมิดินต่ำกว่า ไนโตรเจนมีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด ดินบนที่มีความลึกประมาณ 0-20 เซนติเมตรจะมีความแข็งมากกว่า ความชื้นดินมากกว่า ทำให้ปริมาณออกซิเจนมีจำกัด จากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้การแจกกระจายของราก และการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงแรกช้ากว่าปกติเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการไถพรวนดิน ผลผลิตที่ได้จึงมีปริมาณต่ำกว่า

4. ผลของรูปแบบการไถพรวนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน

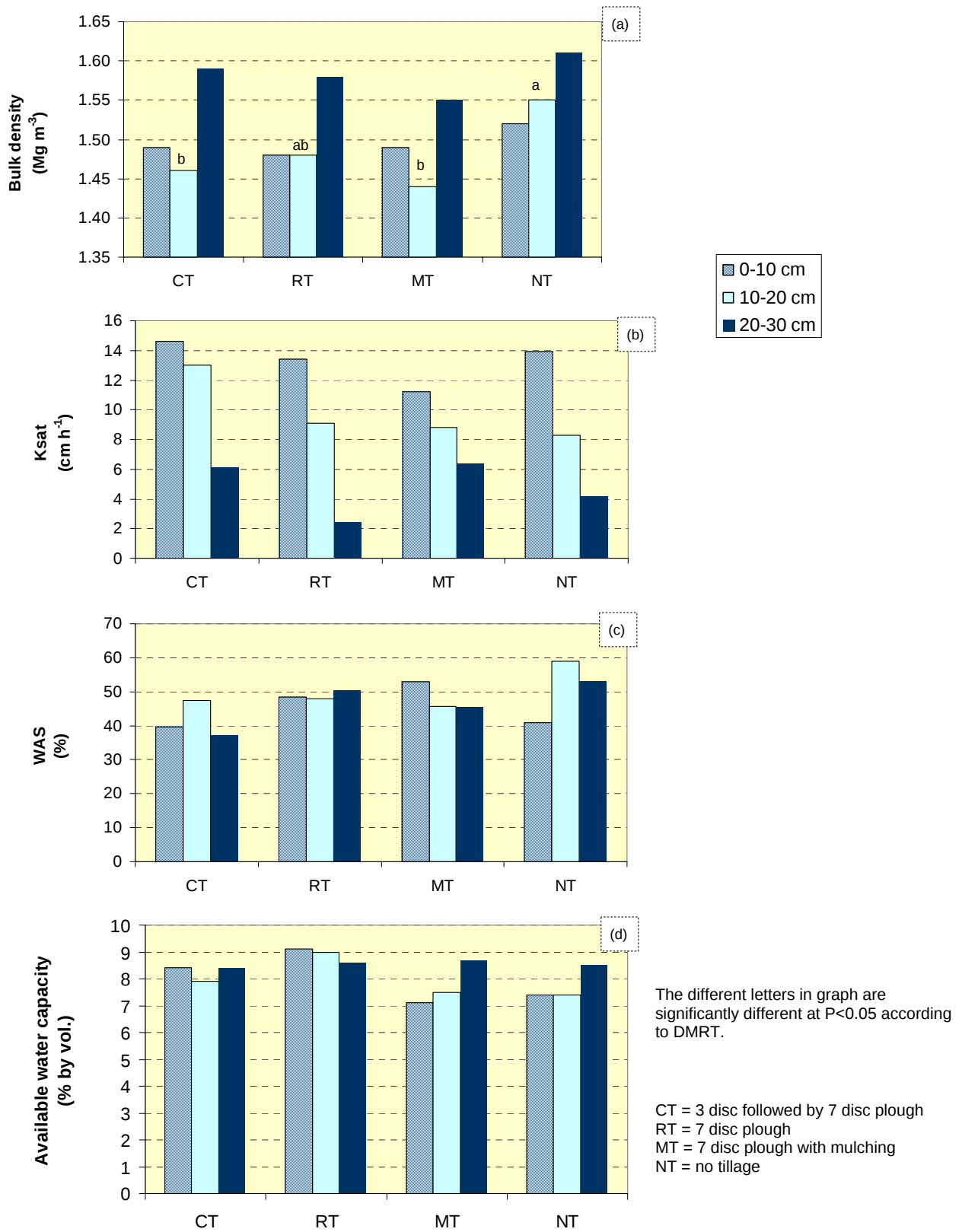
4.1 สมบัติทางกายภาพ

ความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 5) โดยการไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มให้ความหนาแน่นรวมของดินสูงที่สุดเท่ากับ 1.55 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การลดการไถพรวน การไถพรวนปกติ และการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ โดยมีค่าเท่ากับ 1.48, 1.46 และ 1.44 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chang and Lindwall (1989, 1990, 1992) ที่รายงานว่า ค่าความหนาแน่นรวมของดินที่ได้จากแปลงที่ไม่มีการไถพรวนดิน จะมีค่าสูงกว่าแปลงที่มีการไถพรวนดินแบบปกติในประเทศแคนาดา นอกจากนี้ยังพบว่าการไถพรวนที่จะส่งผลต่อความหนาแน่นรวมของดินจะต้องทำการไถพรวนติดต่อกันอย่างน้อย 10 ปี

ความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกในทุกวิธีการไถพรวนดิน (1.44-1.61 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากน้ำหนักที่กดทับของรถไถที่ใช้ในการเตรียมดิน ส่งผลให้อนุภาคขนาดเล็กเคลื่อนย้ายลงไปในช่วงว่าง ความพรุนรวมของดินจึงลดลง และเกิดการอัดตัวกันแน่นตั้งแต่ผิวดินจนถึงชั้นดินล่าง อย่างไรก็ตามชั้นดินบนมักจะถูกรบกวนจากการปฏิบัติงานต่าง ๆ ในไร่นา จึงทำให้ร่วนซุย แต่ดินที่อยู่ด้านล่างที่ลึกเกินกว่าที่ผาลไถจะปฏิบัติงานถึงจะเกิดการอัดแน่น ส่งผลให้ดินที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวมสูงกว่าดินชั้นบนได้

สภาพหน้าน้ำของดินขณะอิมตัวภายใต้การไถพรวนทุกแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 5) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Horne et al. (1992) ที่พบว่าสภาพหน้าน้ำของดินขณะอิมตัวไม่มีความแตกต่างกันภายใต้วิธีการไถพรวน 3 วิธีการ คือ การไถพรวนดินแบบปกติ การไถพรวนดินด้วยผาลหัวหมู และการไม่ไถพรวนดิน ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 10 ปี

การไถพรวนดินแบบปกติมีแนวโน้มให้สภาพหน้าน้ำของดินขณะอิมตัวสูงสุด รองลงมา ได้แก่ การไม่ไถพรวนดิน การลดการไถพรวน การไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ โดยมีค่าเฉลี่ย 2.4-14.6 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกในทุกวิธีการไถพรวน ซึ่งสอดคล้องกับความหนาแน่นรวมของดินที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าสภาพหน้าน้ำของดินมักถูกควบคุมด้วยปัจจัยด้านโครงสร้างดิน การแจกกระจายของอนุภาคดิน ปริมาณและการกระจายขนาดของช่องว่างในดิน ความต่อเนื่องของช่องว่าง รวมถึงความหนาแน่นรวมของดิน และมีค่าลดลงอย่างชัดเจนที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตรลงไป แสดงให้เห็นว่าการซาบซึมของน้ำในดินในแนวตั้งจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ น้ำส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง ดังนั้นในกรณีที่มีฝนตกหนักจะส่งเสริมให้เกิดน้ำไหลหน้าผิวดิน และการกร่อนดิน ดินจึงกักเก็บน้ำไว้ได้น้อย (Planchon et al., 2000)



ภาพที่ 5 ความหนาแน่นรวมของดิน (a) สภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัว (b) เม็ดดินเสถียรน้ำ (c) และ ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (d) ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

ร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำที่ระดับความลึก 0-10, 10-20 และ 20-30 เซนติเมตรภายใต้การไถพรวนทุกแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 5) โดยการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือมีแนวโน้มให้เม็ดดินเสถียรน้ำสูงสุด รองลงมาได้แก่ การลดการไถพรวน การไม่ไถพรวน และการไถพรวนดินแบบปกติ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 43.3-52.9, 48.5-50.5, 40.8-58.9 และ 39.6-47.4 ตามลำดับ

ในทุกวิธีการไถพรวน ร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุเป็นตัวส่งเสริมความคงทนของเม็ดดิน (Alvaro-Fuentes et al., 2008) ซึ่งโดยปกติดินชั้นบนจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินชั้นล่าง จึงส่งผลให้ความคงทนของเม็ดดินลดลงในชั้นดินล่าง อย่างไรก็ตาม การไถพรวนดินแบบอนุรักษ์ โดยเฉพาะการลดการไถพรวนและการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ ส่งผลให้ร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำสูงกว่าการไถพรวนปกติ เนื่องจากการไถพรวนแบบอนุรักษ์เป็นการลดจำนวนการไถพรวนจะส่งผลให้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะเกิดช้ากว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไถเตรียมดินแบบปกติซึ่งมีการรบกวนดินมากกว่า (Balesdent et al., 1990; Havlin et al., 1990; Franzluebbers et al., 1995)

อิทธิพลของการไถพรวนไม่มีผลต่อร้อยละความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทางสถิติ (ภาพที่ 5) การลดการไถพรวน โดยการไถพรวนดินด้วยผาล 7 จำนวน 1 ครั้ง มีแนวโน้มให้ร้อยละความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงที่สุดที่มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.5-4.9 รองลงมาได้แก่ การไถพรวนตามปกติ การไม่ไถพรวน และการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.0-4.6, 2.6-3.8 และ 2.6-4.3 โดยปริมาตรตามลำดับ โดยการลดการไถพรวนมีแนวโน้มให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุดจึงช่วยเก็บความชื้นให้กับดินได้มากกว่ารูปแบบการไถพรวนอีก 3 วิธีการ

อย่างไรก็ตามความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 2.6-4.9) ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเนื้อหยาบ ช่องว่างดินส่วนใหญ่เป็นช่องว่างขนาดใหญ่ ประกอบกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ต่ำ จึงส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินจึงต่ำ (สุนทรี, 2535) แต่มีรายงานว่า การไถพรวนดินแบบอนุรักษ์มีแนวโน้มช่วยลดการเสี่ยงต่อการขาดน้ำของพืชได้ดีกว่าการไถพรวนดินแบบปกติ โดยจะช่วยลดอัตราการระเหยน้ำที่ผิวดิน เนื่องจากมีเศษซากพืชปกคลุมอยู่ผิวดิน แสงแดดไม่กระทบกับผิวดินโดยตรง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินต่ำลง และนอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มเติมปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ส่งผลให้ความสามารถอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้น พืชจึงสามารถใช้น้ำได้นานขึ้น (ICI American Inc., 1990)

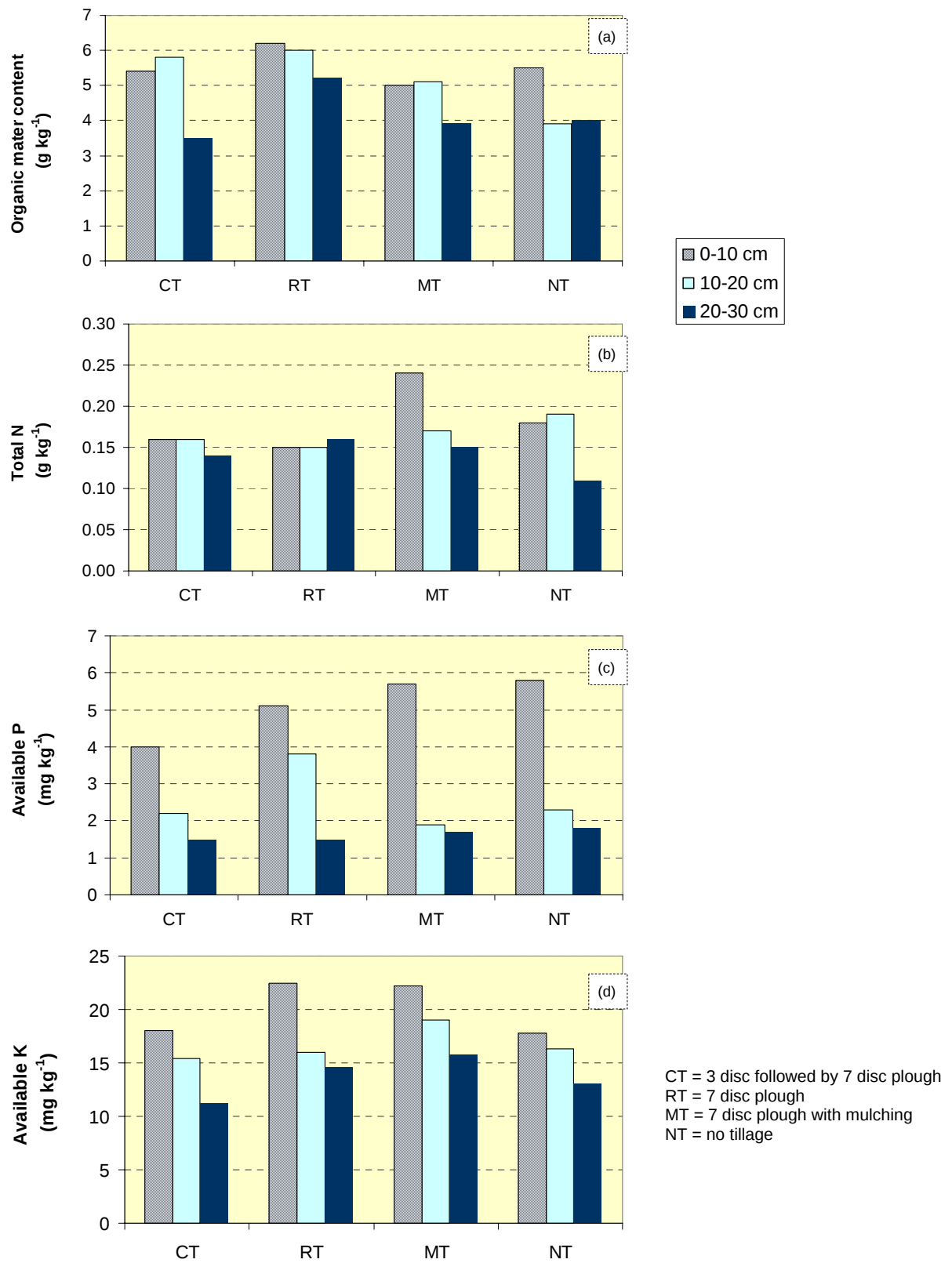
4.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในทุกระดับความลึกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติรูปแบบการไถพรวนแบบต่างๆ (ภาพที่ 6)

ในทุกวิธีการไถพรวนปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในพิสัย 3.5-6.2 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก อย่างไรก็ตามการลดการไถพรวนมีแนวโน้มให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาได้แก่การไม่ไถพรวน การไถพรวนตามปกติ และการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 3.9-5.5, 3.5-5.8 และ 3.9-5.1 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งการไถพรวนแบบอนุรักษ์ ได้แก่ การลดการไถพรวน การไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ และการไม่ไถพรวนดิน จะส่งผลให้มีเศษซากพืชเหลืออยู่มากกว่าการไถพรวนแบบปกติ ซึ่งจะเป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุในดิน (Balesdent et al., 1990) โดยภายใต้การไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ หรือการไม่ไถพรวนดิน จะมีเศษซากพืชปกคลุมอยู่เฉพาะที่ผิวดิน ซากพืชส่วนใหญ่ไม่ได้มีการคลุกเคล้าลงไปในดิน จึงทำให้อัตราการสลายตัวของซากพืชไปเป็นอินทรีย์วัตถุเกิดได้ช้ากว่าการลดการไถพรวนที่มีการคลุกเคล้าของเศษซากพืชลงไปในดิน โดยสภาพความชื้นดินและอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษซากพืชไปเป็นอินทรีย์วัตถุได้เร็วกว่า (Rachid, 2002) ดังนั้นการลดการไถพรวนจึงมีแนวโน้มให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าการไถพรวนอนุรักษ์รูปแบบอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Salinas-Garcia et al. (1996) ที่พบว่า การไม่ไถพรวนดิน หรือการลดการไถพรวน ติดต่อกันเป็นระยะเวลา เวลานาน ส่งผลให้มีปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินสูงกว่าดินที่มีการไถพรวนอย่างต่อเนื่อง

การไถพรวนดินด้วยผาล 7 และมีการคลุมดินด้วยเศษซากพืช (MT) มีแนวโน้มให้ปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุดโดยมีค่าพิสัย 0.15-0.24 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ การไม่ไถพรวน การไถพรวนแบบปกติ และการลดการไถพรวน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.11-0.19, 0.14-0.16 และ 0.15-0.16 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือจะมีเศษซากพืชปกคลุมที่ผิวดินและบางส่วนที่คลุกเคล้าลงไปในดิน จึงส่งผลให้กระบวนการ mineralization เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีการปลดปล่อยไนโตรเจนได้มากกว่า

ในกรณีของการไม่ไถพรวนดิน ถึงแม้ว่าจะมีเศษซากพืชปกคลุมที่ผิวดินมากกว่าการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ แต่เศษซากพืชส่วนใหญ่ยังคงมีค่าอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนในช่วงที่กว้าง ดังนั้นในช่วงแรกส่งผลให้ไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงเกิดกระบวนการ immobilization ขึ้น พืชจึงอาจแสดงอาการขาดไนโตรเจนได้ (Rice and Smith, 1982; Aulakh et al., 1984) อย่างไรก็ตาม ในระยะเวลานานขึ้น การไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มให้ปริมาณไนโตรเจนรวมสูงที่สุด และการไถพรวนดินจำนวนหลายครั้ง เช่น การไถพรวนดินแบบปกติ จะเป็นการเร่งให้อินทรีย์วัตถุในดินสลายตัวได้เร็วขึ้น จึงมีโอกาที่จะทำให้นิโตรเจนถูกปลดปล่อยออกมาได้ในอัตราที่เร็วกว่า แต่ถูกใช้หรือสูญหายไปในรูปแบบต่าง ๆ ได้ง่ายกว่า จึงเหลืออยู่ในดินในปริมาณที่น้อยกว่าการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์ (Barber, 1996)



ภาพที่ 6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (a) ไนโตรเจนทั้งหมด (b) ฟอสฟอรัส (c) และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (d) ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินในทุกวิธีการไถพรวนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (0.11-0.19 กรัมต่อกิโลกรัม) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่มีอยู่ในระดับต่ำและมีแนวโน้มลดลงตามความลึกเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่จะได้อาจมาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ โดยจุลินทรีย์ดินจะทำการเปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์ให้เป็นไนโตรเจนอนินทรีย์ ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Mengesha, 2004) และนอกจากนี้ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สูญเสียได้ง่ายทั้งจากกระบวนการชะละลาย การกลายเป็นแก๊ส จึงส่งผลให้ดินส่วนใหญ่มีไนโตรเจนต่ำ (Rice and Smith, 1982)

การไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด รองลงมา ได้แก่ การไถพรวนแบบทั้งเศษเหลือ การลดการไถพรวน และการไถพรวนปกติ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.5-5.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยทั่วไปการไถพรวนแบบอนุรักษ์ (ไม่ไถพรวน, เศษซากพืชปกคลุมดิน) จะช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์จะมีเศษซากพืชหลงเหลือมากกว่าการไถพรวนดินแบบปกติ ซึ่งเป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุและสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาได้ (Duiker and Beegle, 2006)

การลดการไถพรวนโดยการไถพรวนดินด้วยผาล 7 จำนวน 1 ครั้ง มีแนวโน้มให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 14.6-22.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดด้วย แสดงให้เห็นว่าอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (Duiker and Beegle, 2006) การไถพรวนดินแบบทั้งเศษเหลือมีแนวโน้มให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์รองลงมาโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 15.7-22.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามมาด้วย การไม่ไถพรวนดิน และการไถพรวนแบบปกติ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 11.2-18.0 และ 13.0-17.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในทุกวิธีการไถพรวนอยู่ในระดับต่ำ (11.2-22.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาเป็นดินเนื้อหยาบ มีปริมาณดินเหนียวน้อย ประกอบกับมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ต่ำ ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ส่งผลให้โพแทสเซียมเกิดการสูญเสียไปอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะโดยกระบวนการชะละลาย (Angle et al., 1993)

5. ผลของการไถพรวนต่อการสูญเสียธาตุอาหาร

5.1 การดูใช้โดยข้าวโพด

การดูใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดภายใต้รูปแบบการไถพรวนทุกแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของข้าวโพดภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

Tillage system	Plant uptake					
	2008			2009		
	N	P	K	N	P	K
	(----- kg ha ⁻¹ -----)					
Conventional tillage (CT)	9.87	0.73	12.52	18.38	1.69	33.38
Reduced tillage (RT)	7.39	0.77	13.53	19.19	1.75	28.63
Mulch tillage (MT)	8.96	0.79	20.42	19.88	2.25	38.75
No tillage (NT)	7.63	0.66	12.14	15.19	1.56	31.19
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark: CT = 3 disc followed by 7 disc plough; RT = 7 disc plough; MT = 7 disc plough with mulching;

NT = no tillage

ns = Means in a column are not significantly different at P<0.05 according to DMRT.

ในทั้งสองปีการทดลอง ในทุกวิธีการไถพรวนข้าวโพดจะมีการดูดใช้โพแทสเซียมมากกว่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 12.14-38.75, 7.63-19.88 และ 0.66-2.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) โดยการไถพรวนดินด้วยผาล 7 และมีการคลุมดินด้วยเศษซากพืช (MT) มีแนวโน้มให้ข้าวโพดมีการดูดใช้ในไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมสูงสุด โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 9.87-19.88, 0.79-2.25 และ 20.42-38.75 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ทั้งนี้เนื่องจากภายใต้การไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือจะ ช่วยในการรักษาความชื้น และเศษซากพืชบางส่วนที่ผสมคลุกเคล้าอยู่ในดินจะเกิดการสลายตัวไปเป็น อินทรีย์วัตถุในดินซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารของพืชที่สำคัญ โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม (Acharya and Sharma, 1994) แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตข้าวโพดที่ได้มีแนวโน้มต่ำกว่าการไถ พรวนแบบลดการไถพรวน และการไถพรวนดินแบบปกติ

แต่การไม่ไถพรวนดิน (NT) กลับมีแนวโน้มให้ข้าวโพดดูดใช้ธาตุอาหารทั้งสามต่ำที่สุด (อยู่ในพิสัย 7.63-15.19 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์, 0.66-1.56 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์ และ 12.14-31.19 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อเฮกตาร์) โดยเฉพาะในกรณีของปี 2009 (ตารางที่ 5) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณ ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดที่ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการไถพรวนแบบอนุรักษ์ ในกรณีของการไถพรวนแบบทิ้งเศษ เหลือ และการไม่ไถพรวนดิน จะทำให้มีเศษพืชบางส่วนปกคลุมอยู่ที่ผิวดิน ส่งผลให้ไนโตรเจนมีแนวโน้มไม่ เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดในช่วงแรก เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Rice and Smith, 1982; Aulakh et al., 1984; Acharya and Sharma, 1994) จึงส่งผลต่อผลผลิตข้าวโพด (Randall and Iragavarapu, 1995)

5.2 การสูญเสียดิน

ในปี 2551 การไม่ไถพรวนดิน (NT) มีผลให้ปริมาณการสูญเสียดินต่ำที่สุดเท่ากับ 1.59 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งแตกต่างจากการไถพรวนทั้ง 3 วิธีการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) ในขณะที่ปริมาณการสูญเสียดินภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติ (CT) การลดการไถพรวน (RT) และการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ (MT) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามการไถพรวนดินด้วยผล 7 จำนวน 1 ครั้ง (RT) มีแนวโน้มให้เกิดการสูญเสียตะกอนดินมากที่สุด (3.34 ตันต่อเฮกตาร์) รองลงมาได้แก่ การไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ (2.92 ตันต่อเฮกตาร์) และ การไถพรวนดินแบบปกติ (2.96 ตันต่อเฮกตาร์) แต่ปริมาณการสูญเสียดินกลับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในปีที่ 2552 อย่างไรก็ตาม ในทุกวิธีการไถพรวนตะกอนดินมีปริมาณลดลงจากปีที่ 2551 ยกเว้นการไถพรวนแบบปกติ (CT)

เช่นเดียวกันกับการสูญเสียธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมไปกับตะกอนดินที่มีความแตกต่างกัน ภายใต้วิธีการไถพรวนดิน 4 วิธีการ เฉพาะในการทดลองของปีที่ 2551 เท่านั้น (ตารางที่ 6) โดยการลดการไถพรวน (RT) และการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ (MT) ส่งผลให้สูญเสียไนโตรเจน และโพแทสเซียมไปกับตะกอนดินสูงที่สุดเท่ากับ 8.0 และ 0.38 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในขณะที่การไม่ไถพรวนดิน (NT) มีแนวโน้มให้ไนโตรเจน และโพแทสเซียมติดไปกับตะกอนดินต่ำที่สุดเท่ากับ 4.69 และ 0.21 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าปริมาณตะกอนดินจะลดลงในปี 2552 แต่กลับมีการสูญเสียธาตุอาหารหลักสูงกว่าในปี 2551 โดยเฉพาะโพแทสเซียม (ตารางที่ 6) ทั้งนี้เนื่องจากในปี 2552 ได้เพิ่มอัตราปุ๋ยที่ใส่ให้กับข้าวโพด แสดงให้เห็นว่าวิธีการไถพรวนทั้ง 4 วิธีการ นั้นสามารถช่วยลดการกร่อนดินได้แต่ไม่สามารถลดการสูญเสียธาตุอาหารได้ เมื่อพิจารณาในภาพรวมทั้งสองปีการทดลอง พบว่า ในทุกวิธีการไถพรวนไนโตรเจนจะติดไปกับตะกอนดินมากที่สุดอยู่ในพิสัย 3.25-8.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่โพแทสเซียม (0.21-0.88 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และ ฟอสฟอรัส (0.23-0.39 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) (ตารางที่ 6) ทั้งนี้เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้น้อยในดิน และง่ายต่อการจับตัวกับแคตไอออนต่าง ๆ ได้แก่ เหล็ก อะลูมิเนียม และ แคลเซียม เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำ (Brady and Weil, 2008) จึงมักเกิดการตกค้างอยู่ในดิน และอยู่ในเขตรากพืชได้นานกว่าไนโตรเจน และโพแทสเซียม (Sharpley et al., 1994) อย่างไรก็ตามการสูญเสียฟอสฟอรัสออกไปจากดินส่วนใหญ่จะไปกับปริมาณน้ำไหลบ่าและตะกอนดินมากกว่าการเคลื่อนที่จนเลยเขตรากพืช (Richardson and King, 1995; Bertol et al., 2006)

ตารางที่ 6 ตะกอนดินและปริมาณธาตุอาหารหลักที่ติดไปกับตะกอนดินภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

Tillage system	Sediment weight		Major plant nutrient in sediment					
	2008	2009	2008			2009		
			N	P	K	N	P	K
			(----- t ha ⁻¹ ----) (----- kg ha ⁻¹ -----)					
Conventional tillage (CT)	2.92a	3.31	3.25b	0.31	0.25ab	6.94	0.39	0.88
Reduced tillage (RT)	3.34a	2.22	8.00a	0.31	0.36ab	4.19	0.29	0.61
Mulch tillage (MT)	2.96a	2.46	5.44b	0.33	0.38a	5.44	0.31	0.81
No tillage (NT)	1.59b	1.83	4.69b	0.23	0.21b	7.50	0.27	0.50
F-test	*	ns	*	ns	*	ns	ns	ns

Remark: CT = 3 disc followed by 7 disc plough; RT = 7 disc plough; MT = 7 disc plough with mulching;

NT = no tillage

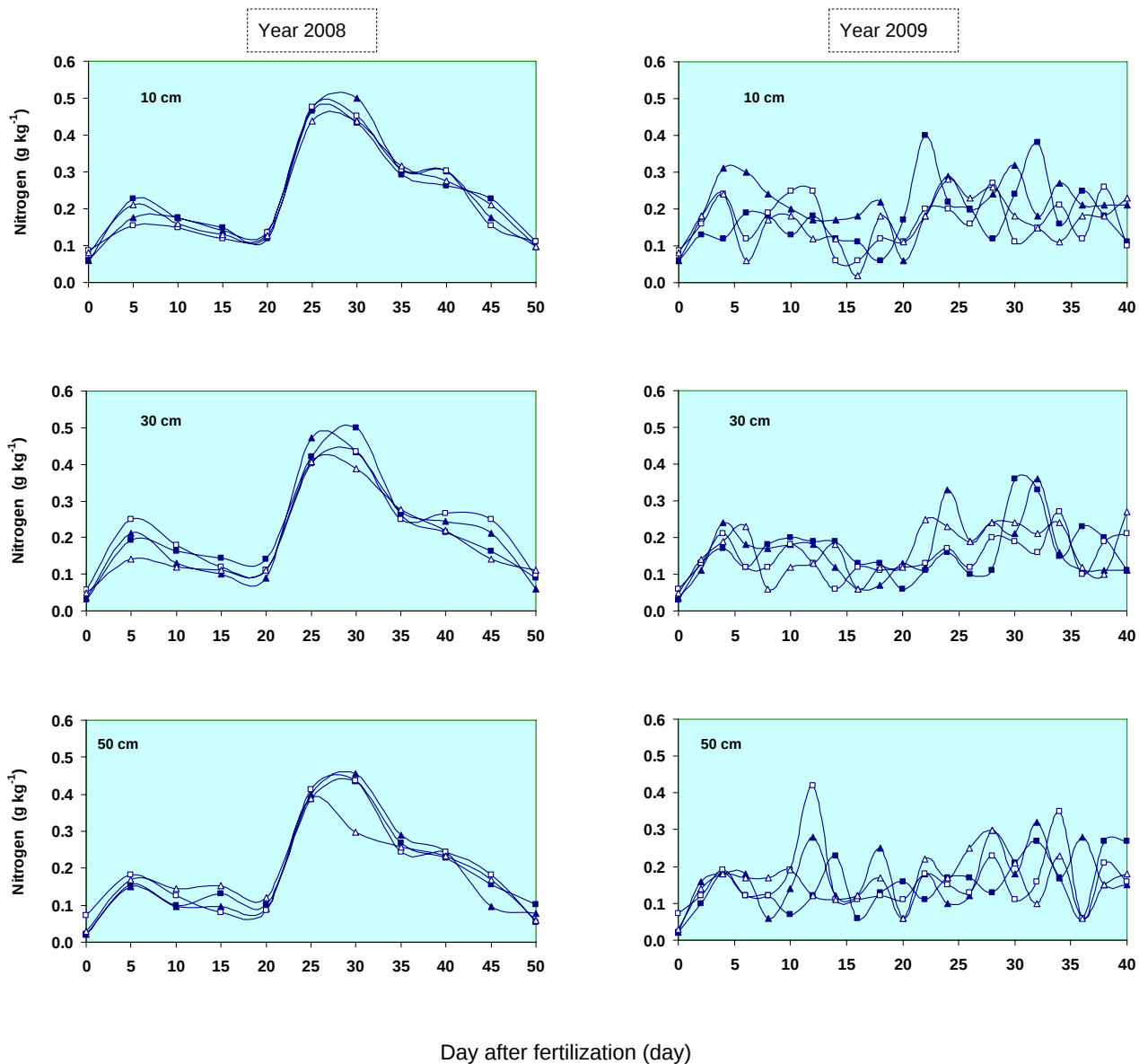
ns = means in a column are not significant at P<0.05; * = significantly difference at 0.05 level means followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level according to DMRT.

5.3 การเคลื่อนที่เลยเขตรากพืชโดยการชะละลาย

เมื่อพิจารณาถึง การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน และโพแทสเซียม) เลยเขตรากพืชที่ระดับความลึก 10, 30 และ 50 เซนติเมตร จากกระบวนการชะละลาย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างวิธีการไถพรวน (ภาพที่ 7 และ 8)

ปริมาณไนโตรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเพียงไม่กี่วัน ภายใต้การไถพรวนแบบปกติ โดยการไถพรวนดินด้วยผาล 3 ตามด้วยผาล 7 ซึ่งไนโตรเจนมีแนวโน้มถูกชะละลายลงไปที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร (ภาพที่ 7) ขณะที่การไม่ไถพรวนดินจะให้ผลคล้ายคลึงกันกับการไถพรวนดินแบบปกติแต่ใช้เวลานานกว่า สำหรับการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือมีแนวโน้มทำให้ไนโตรเจนสะสมอยู่บริเวณเขตรากพืช (ที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร) ได้นานกว่าการไถพรวนดินรูปแบบอื่น

แต่เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้ว ทุกวิธีการไถพรวน ไนโตรเจนจะเคลื่อนย้ายพ้นเขตรากพืชภายในระยะเวลา 6 วัน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่สูญหายไปจากดินได้ง่ายมาก ได้แก่การระเหิดกลายเป็นแก๊ส (volatilization) การดูดใช้โดยจุลินทรีย์ดิน (immobilization) และกระบวนการ denitrification (Rice and Smith, 1982; Aulakh et al., 1984) นอกจากนี้ดินที่ทำการศึกษาเป็นดินที่มีเนื้อหยาบ จึงส่งเสริมให้มีการชะละลายออกไปจากเขตรากพืชได้เร็วยิ่งขึ้น (Buol et al., 2003; Brady and Weil, 2008)

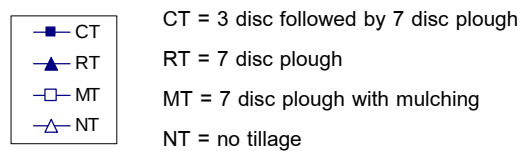
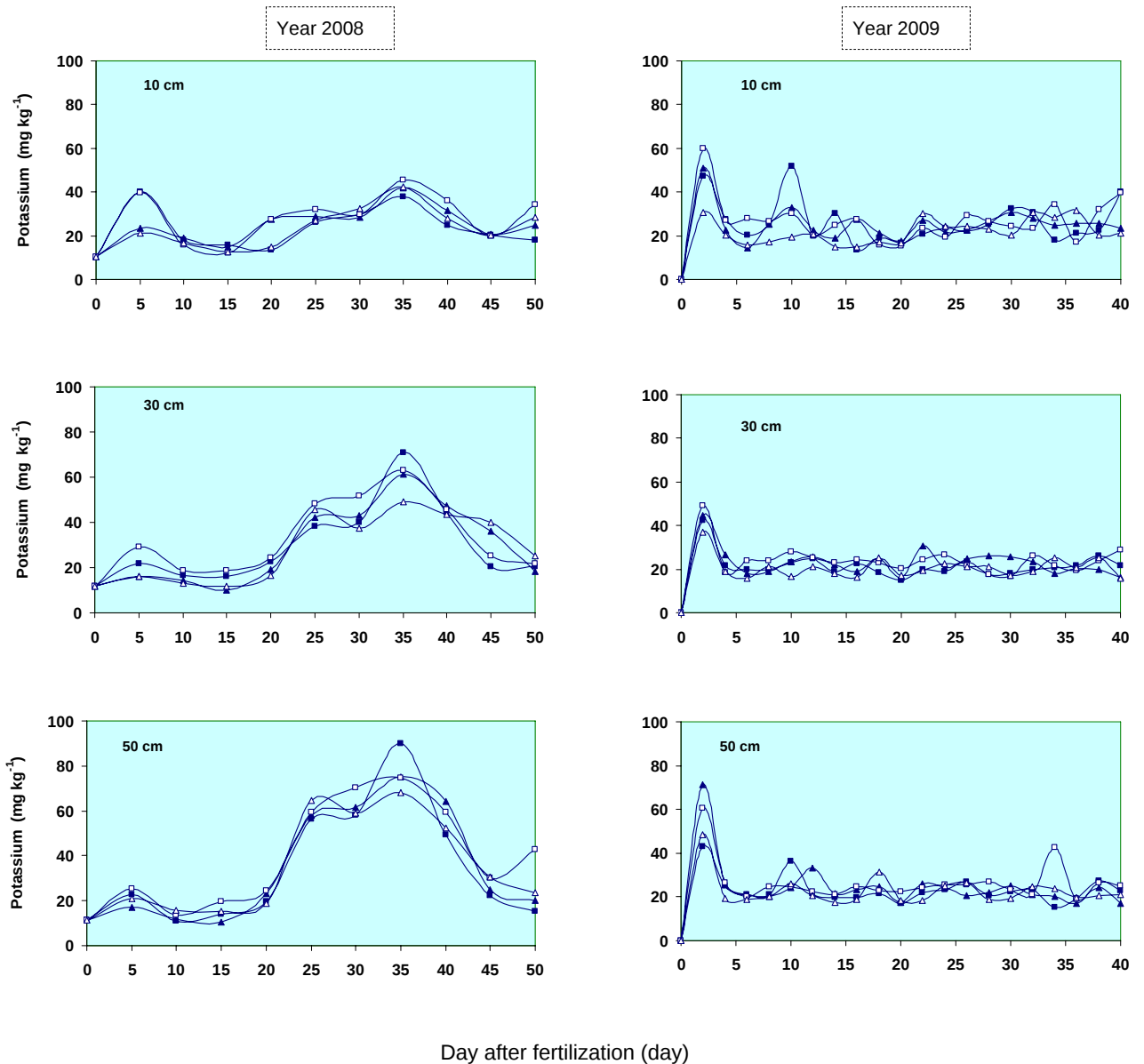


- | | |
|--|---|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></div> <div>CT</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></div> <div>RT</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid blue; margin-right: 5px;"></div> <div>MT</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid blue; margin-right: 5px;"></div> <div>NT</div> </div> </div> | <p>CT = 3 disc followed by 7 disc plough</p> <p>RT = 7 disc plough</p> <p>MT = 7 disc plough with mulching</p> <p>NT = no tillage</p> |
|--|---|

Remark: In 2008, 250 kg ha⁻¹ of the complete fertilizer (15-15-15) was split equally on seedbed day and 30 days after planting.

In 2009, complete fertilizer (15-15-15) was applied prior to sowing at rate of 187.5 kg ha⁻¹ and 125 kg ha⁻¹ at maize was 20 days after planting.

ภาพที่ 7 ปริมาณของไนโตรเจนที่คงอยู่ในดินที่ระดับความลึก 10, 30 และ 50 เซนติเมตร
ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์



Remark: In 2008, 250 kg ha⁻¹ of the complete fertilizer (15-15-15) was split equally on seedbed day and 30 days after planting. In 2009, complete fertilizer (15-15-15) was applied prior to sowing at rate of 187.5 kg ha⁻¹ and 125 kg ha⁻¹ at maize was 20 days after planting.

ภาพที่ 8 ปริมาณของโพแทสเซียมที่คงอยู่ในดินที่ระดับความลึก 10, 30 และ 50 เซนติเมตร
ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

เมื่อพิจารณาถึงโพแทสเซียม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการไถพรวนทุกแบบ (ภาพที่ 8) อย่างไรก็ตาม ในทุกวิธีการไถพรวนโพแทสเซียมจะลดลงอย่างรวดเร็วในบริเวณเขตรากพืชหลังจากการใส่ปุ๋ยเพียง 1 วัน เนื่องจากดินที่มีเนื้อหยาบจะส่งเสริมกระบวนการชะละลายได้เร็วขึ้น (Angle et al., 1993; Brady and Weil, 2008)

อย่างไรก็ตาม หลังจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่หนึ่ง การไถพรวนดินด้วยผาล 7 และมีการคลุมดินด้วยเศษซากพืชมีแนวโน้มให้โพแทสเซียมสะสมที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร สำหรับการลดการไถพรวนโดยการไถพรวนดินด้วยผาล 7 จำนวน 1 ครั้ง ส่งผลให้มีการสะสมโพแทสเซียมอยู่ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่า วิธีการไถพรวนดินทั้งสองน่าจะช่วยชะลอการสูญเสียโพแทสเซียมโดยการชะละลายเกินเขตรากพืชได้ดีกว่าวิธีการไถพรวนดินอื่น ๆ ในขณะที่การไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มให้โพแทสเซียมเกิดการเคลื่อนที่ไปจากเขตรากพืชได้เร็วที่สุด เนื่องจากการไม่ไถพรวนดินทำให้เมล็ดดินกองหนาเพิ่มขึ้น ช่องว่างขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น น้ำจึงซึมผ่านหน้าตัดดินได้เร็วขึ้น ประกอบกับตัวดินที่มีการชะละลายสูง จึงส่งเสริมการสูญหายของโพแทสเซียมและไนโตรเจนไปจากเขตรากพืชได้เร็วขึ้น (Angle et al., 1993; Brady and Weil, 2008)

สรุปผลการทดลอง

ดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษาจัดจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Arenic Haplustult เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย มีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งส่งผลให้ค่าสภาพน้ำน้ำขณะดินอิ่มตัวลดลงตามความลึก โดยดินบนอยู่ในระดับเร็วปานกลาง และระดับปานกลางถึงช้าปานกลางในชั้นดินล่าง ดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ผลผลิตข้าวโพด สมบัติดิน และการสูญเสียธาตุอาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติภายใต้วิธีการไถพรวนทั้งสี่วิธีการ ยกเว้นความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับ 10-20 ซม. โดยการไม่ไถพรวนจะส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมสูงสุด โดยการไถพรวนดินด้วยผาล 7 จำนวน 1 ครั้ง มีแนวโน้มให้น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดสูงสุด รองลงมาได้แก่ การไถพรวนแบบปกติโดยการไถพรวนดินด้วยผาล 3 ตามด้วยผาล 7 การไถการไถพรวนดินด้วยผาล 7 และมีการคลุมดินด้วยเศษซาก และการไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มให้น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการดูใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดต่ำที่สุด ในขณะที่การไถพรวนดินแบบทั้งเศษเหลือมีแนวโน้มให้ข้าวโพดดูใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงสุด การไถพรวนแบบอนุรักษ์ โดยเฉพาะการไถพรวนดินแบบทั้งเศษเหลือ มีแนวโน้มให้สมบัติดินส่วนใหญ่ดีกว่าการไถพรวนแบบปกติ ได้แก่ ร้อยละของเมล็ดดินเสถียรน้ำ ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ การไถพรวนแบบปกติมีแนวโน้มให้การเคลื่อนที่ของ

ไนโตรเจนไปจากเขตรากพืชได้เร็วกว่าการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์ อย่างไรก็ตามการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือเป็นวิธีการที่ช่วยชะลอการสูญเสียไนโตรเจนได้ดีกว่าวิธีการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์อีกสองวิธี

ในทุกวิธีการไถพรวนดิน ฟอสฟอรัสอยู่ที่ในเขตรากพืชได้นานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม ขณะที่การไถพรวนแบบปกติมีแนวโน้มให้การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารหลักไปจากเขตรากพืชได้เร็วกว่าการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์ อย่างไรก็ตามการไถพรวนแบบทิ้งเศษเหลือ (การไถพรวนดินด้วยผล 7 และมีการคลุมดินด้วยเศษซากพืช) เป็นวิธีการที่ช่วยชะลอการสูญเสียไนโตรเจน และ โพแทสเซียมโดยการชะละลายไปจากเขตรากพืช (30 เซนติเมตร) ได้ดีกว่าวิธีการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์อีกสองวิธี

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการทดลองในสนามระยะสั้น เพราะฉะนั้นข้อมูลที่ได้อาจจะยังไม่มี ความชัดเจนนักที่จะ ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของรูปแบบการไถพรวนที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดและสมบัติดิน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษา ต่อเนื่องในระยะยาว ดังเช่นที่มีการศึกษามายาวในต่างประเทศ

อย่างไรก็ตามการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์มีแนวโน้มให้สมบัติดินดีขึ้น โดยเฉพาะร้อยละเม็ดดินเสถียร น้ำ ร้อยละความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน แต่กลับมีแนวโน้มให้ผลผลิต ข้าวโพดต่ำกว่าการไถพรวนแบบปกติ แสดงให้เห็นว่าการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์อาจทำให้ไนโตรเจนไม่ เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด เนื่องจากมีเศษซากพืชจะสลายตัวช้าและต่อซึ่งเหล่านั้นมีค่าอัตราส่วน คาร์บอน-ไนโตรเจนสูงจึงจำเป็นต้องให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าการปลูกข้าวโพดในระบบไถพรวนแบบปกติ

ดินที่ทำการศึกษาดินเนื้อหยาบ มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ จึง ส่งผลให้ข้าวโพดขาดน้ำได้ง่าย นอกจากนี้ในทุกวิธีการไถพรวนจะเกิดการสูญเสียธาตุปุ๋ยออกไปจากเขตรากพืช อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยมูลไก่ อย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการไถ พรวนดินแบบอนุรักษ์เพื่อลดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุ ในระยะยาวจะส่งเสริมให้สมบัติทางกายภาพของดินเนื้อ หยาบดีขึ้น ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำให้แก่ดิน และช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุปุ๋ยไว้ นอกจากนี้ควรทำการใส่ปุ๋ยให้ตรงกับเวลาที่พืชต้องการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ย และการเลือกชนิดของปุ๋ย ไนโตรเจนเช่น การใส่ปุ๋ยละลายช้าในรูปไนเตรท เพื่อลดการสูญเสียไนโตรเจน ก็เป็นสิ่งสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2552. รายงานสภาวะอากาศ-นครราชสีมา. แหล่งที่มา:

<http://www.tmd.go.th/province.php?id=20>, 23 ธันวาคม 2552.

สาริต อารีรักษ์. 2531. ผลของการจัดการดินโดยใช้การเตรียมดิน และการใช้ปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพด ที่ปลูกบนชุดดินลพบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2542. คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Acharya, C.L. and P.D. Sharma. 1994. Tillage and mulch effects on soil physical environment, root growth, nutrient uptake and yield of maize and wheat on an Alfisol in north-west India. Soil Till. Res. 32: 291-302.

Al-Darby, A.M. and B. Lowery. 1986. Evaluation of corn growth and productivity with three conservation tillage systems. Agron. J. 78: 901-907.

Alvaro-Fuentes, J., J.L. Arrue, C. Cantero-Martinez and M.V. Lopez. 2007. Aggregate breakdown during tillage in a Mediterranean loamy soil. Soil Till. Res. 101: 62-68.

Angel, J.S., C.M. Gross, R.L. Hill and M.S. McIntosh. 1993. Soil nitrate concentrations under corn as affected by tillage, manure, and fertilizer application. J. Environ. Qual. 22: 1441-1447.

Aulakh, M.S., D.A. Rennie and E.A. Paul. 1984. Gaseous nitrogen losses from soils under zero-till as compared with conventional-till management systems. J. Environ. Qual. 13: 130-136.

Balesdent, J., A. Mariotti and D. Boissongontier. 1990. Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ¹³C abundance in maize fields. J. Soil Sci. 41: 584-596.

Barber, S.A. 1971. Effect of tillage practice on corn (*Zea mays* L.) root distribution and morphology. Agron. J. 63: 724-726.

Bertol, I., F.L. Engel, A.L. Mafra, O.J. Bertol and S.R. Ritter. 2006. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. Soil Till. Res. 94: 142-150

Beyaert, R., J.W. Schott and P.H. White. 2002. Tillage effects on corn production in a coarsed-textured soil in southern Ontario, Agron. J. 94: 767-774.

- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. In A. Klute, ed. *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed., Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Bloom, P.R. 2000. Soil pH and pH Buffering, pp. B333-B352. In M.E. Sumner, ed. *Hand Book of Soil Science*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. 13th ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Buol, S.W., R.J. Southard., R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. *Soil Genesis and Classification*, 5th ed., Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, Iowa.
- Chang, C. and C.W. Lindwall. 1989. Effect of long-term minimum tillage practices on some physical properties of a chernozemic clay loam. *Can. J. Soil Sci.* 69: 443-449.
- Chang, C. and C.W. Lindwall. 1990. Comparison of the effect of long term tillage and crop rotation on physical properties of a soil. *Can. Agric. Eng.* 32: 53-55.
- Chang, C. and C.W. Lindwall. 1992. Effects of tillage and crop rotation on physical properties of a loam soil. *Soil Till. Res.* 22: 383-389.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. In C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Dent, F.J. and C. Changprai. 1973. *Soil Survey Handbook for Thailand*. Soil Survey Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Duiker, S.W. and D.B. Beegle. 2006. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk system. *Soil Till. Res.* 88: 30-41.
- Eiumnoh, A. 1984. Application of Soil Taxonomy to Fertility Capability Classification of problem soils in the S.E. Coast of Thailand, pp. 169-190. In *Ecology and Management of Problem Soils in Asia*. FFTC Book Series No. 27. Taipei, Taiwan.
- Forth, H.D. 1990. *Fundamentals of Soil Science*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

- Franzluebber, A.J., F.M. Hons and D.A. Zuberer. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 460-466.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis, pp. 383–411. In A. Klute ed. *Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods*. No. 9. Agronomy. ASA. SSSA, Madison, WI, USA.
- Havlin, J.L., D.E. Kissel, L.D. Maddux, M.M. Claassen and J.H. Lang. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 448-452.
- Horne, D.J., C.W. Ross and K.A. Hughes. 1992. 10 years of a maize oats rotation under three tillage systems on a silt loam in New Zealand: A comparison of some soil properties. *Soil Till. Res.* 22: 131–143
- ICI American Inc. 1990. *No-Till Farming*. Wilmington, Delaware 1987, USA.
- Jackson, M.L. 1965. *Soil Chemical Analysis-Advanced Course*. Department of Soils, University of Wisconsin.
- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution, pp. 425-442. In A. Klute ed. *Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods*. No. 9. Agronomy. ASA. SSSA, Madison, WI, USA.
- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. In C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. *Soil Interpretation Handbook of Thailand*. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Mengesha, Y.G.S. 2004. *Modeling of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Recommendations for Maize (Zea Mays L.) Grown on Alfisols of Northwestern Ethiopia*. Ph.D. Dissertation, Kasetsart University.
- Mupangwa, W., S. Twomlow, S. Walker and L. Hove. 2007. Effect of minimum tillage and mulching on maize (*Zea mays* L.) yield and water content of clayey and sandy soils. *Phys. Chem. Earth* 32: 1127-1134.
- National Soil Survey Center. 1996. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, USDA.

- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 961-1010. In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston, M.E. Sumner, eds. *Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods*. Soil Sci. Soc. Am. Book Series, Number 5, Madison, WI, USA.
- Planchon, O., M. Esteves, N., Silvera, and J.M. Lapetite. 2000. Raindrop erosion of tillage induced microrelief: possible use of the diffusion equation. *Soil Till. Res.* 56: 131–144.
- Rachid, M. 2002. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. *Soil Till. Res.* 66: 119–128.
- Randall, G.W. and T.K. Iragavarapu. 1995. Impact of long-term tillage systems for continuous corn on nitrate leaching to tile drainage. *J. Environ. Qual.* 24: 360-366.
- Rice, C.W. and M.S. Smith. 1982. Denitrification in no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 1168-1173.
- Richardson, C.W. and K.W. King. 1995. Erosion and nutrient losses from zero tillage on clay. *Agriculture Engineering Research* 61: 81-86.
- Salinas-Garcia, J.R., J.E. Matocha and F.M. Hons. 1996. Long-term tillage and nitrogen fertilization effects on soil properties of an Alfisol under dryland corn/cotton production. *Soil Till. Res.* 42: 79-93.
- Sharpley, A.N., S.C. Chapra, R.Wedepohl, J.T. Sims, T.C.Daniel and K.R. Reddy. 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters. *J. Environ. Qual.* 23: 437-451
- Soil Survey Division Staff. 1993. *Soil Survey Manual*. US. Dep. of Agr. Handbook No. 18, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Soil Survey Staff. 2006. *Keys to Soil Taxonomy*. 10th ed. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.
- Thomas, G.W. 1987. Exchangeable cations, pp. 159-161. In C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis, Part II*. Agronomy No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Yoshida, S., D.A. Forno and J.H. Cook. 1971. *Laboratory Manure for Physiological Studies of Rice*. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laguna, Philippines.

ภาคผนวก

Soil profile description

I Information on the site

Soil name	: Warin soil series
Classification	: Arenic Haplustult
Date of examination	: Jan 21, 2009
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Natthamon Apairee, Ekkarach Meewassana, Pattra Prasertsombut
Location	: Ban Non Somboon, Tambon Huai Bong, Amphoe Dan Khun Thod, Changwat Nakhon Ratchasima
Elevation	: Approximately 330 m MSL
Map sheet number	: 5339 III Coordination : 47P 0769173 ^E , 1671549 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Upper erosion middle terrace
2. Surrounding landform	: Slightly Undulating
3. Slope on which profile site	: 2% Aspect : 34 Azi
Land use	: Maize experiment plot with remnant of dry dipterocarp tree species
Annual rainfall	: Approximately 1,212.5 mm
Mean temperature	: Approximately 27.5 °C
Climate	: Tropical savanna
Others	: -

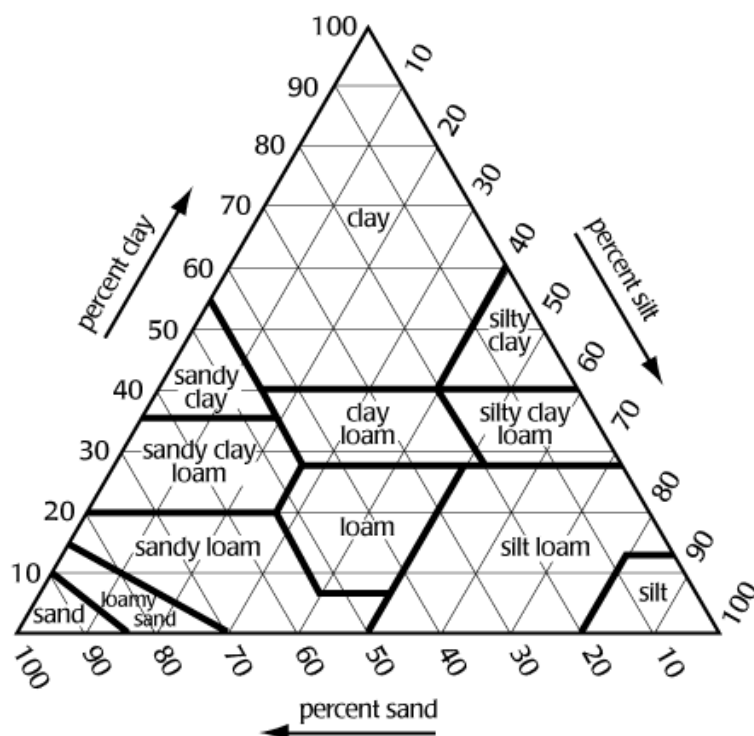
II General information on the soil

Parent material	: wash over residuum derived from sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: More than 160 cm at the time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-32	Brown (7.5YR 4/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, soft dry, few very fine variegated sands; many very fine vesicular pores; common very few and few fine roots; field pH 5.5; abrupt and wavy boundary to Bt1
Bt1	32-51	Reddish yellow (5YR 4/6); loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, slightly hard dry; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; common very fine roots; field pH 5.5; gradual and smooth boundary to Bt2

Bt2	51-72	Reddish yellow (5YR 5/8); loamy sand; strong, fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable (moist), slightly hard dry; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few medium krotorinas many very fine coated sands; common very fine, very few fine vesicular and few very fine single tubular pores; common very fine, few fine and medium roots; field pH 5.5; clear and smooth boundary to Bt3
Bt3	72-101	Brownish yellow (2.5YR 5/8); loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, soft dry; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; common very fine, fine and medium roots; field pH 5.0; gradual and smooth boundary to Bt4
Bt4	101-132	White (2.5YR 5/8) loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, soft (dry); many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; few very fine, fine and medium roots; field pH 5.5; diffuse and smooth boundary to Bt5
Bt5	132-150+	White (2.5YR 4/8) loamy sand; moderate fine and medium subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, soft dry; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; few very fine, few very fine and fine roots; field pH 5.0



ภาพผนวกที่ 1 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจกแจงประเภทเนื้อดิน
ตามสัดส่วนโดยมวลของทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay)
(Soil Survey Division Staff, 1993)

ตารางผนวกที่ 1 ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดที่ความชื้นร้อยละ 15 และน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

Tillage system	Plant uptake			
	2008		2009	
	Grain	Stem	Grain	Stem
	(----- kg ha ⁻¹ -----)			
Conventional tillage (CT)	1.93	0.76ab	3.23	2.06
Reduced tillage (RT)	2.13	0.88a	3.70	2.2
Mulch tillage (MT)	1.76	0.89a	3.67	2.1
No tillage (NT)	1.79	0.65b	3.10	2.2
F-test	ns	*	ns	ns

Remark: CT = 3 disc followed by 7 disc plough; RT = 7 disc plough; MT = 7 disc plough with mulching;

NT = no tillage

ns = Means in a column are not significantly different at P<0.05 according to DMRT.

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติดินบางประการภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์

Soil property	Tillage system	Soil depth (cm)		
		0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Bulk density (Mg m ⁻³)	Conventional tillage (CT)	1.49	1.46a	1.59
	Reduced tillage (RT)	1.48	1.48ab	1.58
	Mulch tillage (MT)	1.49	1.44a	1.55
	No tillage (NT)	1.52	1.55b	1.61
	F-test	ns	*	ns
Hydraulic conductivity (cm h ⁻¹)	Conventional tillage (CT)	14.6	13	6.1
	Reduced tillage (RT)	13.4	9.1	2.4
	Mulch tillage (MT)	11.2	8.8	6.4
	No tillage (NT)	13.9	8.3	4.2
	F-test	ns	ns	ns
Water aggregate stability (%)	Conventional tillage (CT)	39.6	47.4	37.2
	Reduced tillage (RT)	48.5	47.8	50.5
	Mulch tillage (MT)	52.9	45.6	45.3
	No tillage (NT)	40.8	58.9	53.1
	F-test	ns	ns	ns
Available water capacity (%Vol.)	Conventional tillage (CT)	8.4	7.9	8.4
	Reduced tillage (RT)	9.1	9.0	8.6
	Mulch tillage (MT)	7.1	7.5	8.7
	No tillage (NT)	7.4	7.4	8.5
	F-test	ns	ns	ns
Total porosity (%)	Conventional tillage (CT)	44.0	44.8	40.2
	Reduced tillage (RT)	44.2	44.3	40.5
	Mulch tillage (MT)	43.9	45.8	41.4
	No tillage (NT)	42.8	41.6	39.3
	F-test	ns	ns	ns
Organic matter (g kg ⁻¹)	Conventional tillage (CT)	5.4	5.8	3.5
	Reduced tillage (RT)	6.2	6.0	5.2
	Mulch tillage (MT)	5.0	5.1	3.9
	No tillage (NT)	5.5	3.9	4.0
	F-test	ns	ns	ns
Total N (g kg ⁻¹)	Conventional tillage (CT)	0.16	0.16	0.14
	Reduced tillage (RT)	0.15	0.15	0.16
	Mulch tillage (MT)	0.24	0.17	0.15
	No tillage (NT)	0.18	0.19	0.11
	F-test	ns	ns	ns
Available P (mg kg ⁻¹)	Conventional tillage (CT)	4.0	2.2	1.5
	Reduced tillage (RT)	5.1	3.8	1.5
	Mulch tillage (MT)	5.7	1.9	1.7
	No tillage (NT)	5.8	2.3	1.8
	F-test	ns	ns	ns
Available K(mg kg ⁻¹)	Conventional tillage (CT)	18.0	15.4	11.2
	Reduced tillage (RT)	22.5	16.0	14.6
	Mulch tillage (MT)	22.2	19.0	15.7
	No tillage (NT)	17.8	16.3	13.0
	F-test	ns	ns	ns

Remark: CT = 3 disc followed by 7 disc plough; RT = 7 disc plough; MT = 7 disc plough with mulching; NT = no tillage
ns = Means in a column are not significantly different at P<0.05 according to DMRT.

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณของไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่เหลืออยู่ในดินภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์ที่ระดับความลึก 10, 30, และ 50 เซนติเมตร หลังจากการใส่ปุ๋ย (17 สิงหาคม - 3 ตุลาคม 2551)

Tillage	Depth (cm)	Nitrogen (g kg ⁻¹)										
		Date – Month 2008										
		17-Aug	19-Aug	24-Aug	29-Aug	3-Sep	8-Sep	13-Sep	18-Sep	23-Sep	28-Sep	3-Oct
CT	10	0.06	0.23	0.18	0.15	0.12	0.46	0.43	0.29	0.26	0.23	0.11
	30	0.03	0.19	0.16	0.15	0.14	0.42	0.50	0.26	0.21	0.16	0.09
	50	0.02	0.16	0.10	0.13	0.10	0.39	0.43	0.27	0.23	0.16	0.10
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RT	10	0.06	0.18	0.18	0.14	0.14	0.47	0.50	0.31	0.30	0.18	0.10
	30	0.04	0.21	0.13	0.10	0.09	0.47	0.43	0.27	0.25	0.21	0.06
	50	0.02	0.15	0.10	0.10	0.09	0.40	0.46	0.29	0.25	0.10	0.08
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MT	10	0.09	0.16	0.15	0.12	0.13	0.48	0.45	0.31	0.30	0.16	0.11
	30	0.06	0.25	0.18	0.12	0.11	0.40	0.43	0.25	0.27	0.25	0.10
	50	0.07	0.18	0.13	0.08	0.09	0.41	0.44	0.25	0.25	0.18	0.05
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NT	10	0.08	0.21	0.16	0.13	0.13	0.44	0.44	0.32	0.28	0.21	0.10
	30	0.05	0.14	0.12	0.11	0.11	0.41	0.39	0.28	0.22	0.14	0.11
	50	0.03	0.17	0.15	0.15	0.12	0.39	0.30	0.26	0.23	0.17	0.06
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Potassium (mg kg ⁻¹)												
CT	10	10.3	40.02	18.10	15.80	13.73	26.1	29.7	37.7	24.8	20.20	17.97
	30	11.9	21.67	16.65	15.90	22.44	38.1	40.2	70.8	44.4	20.60	20.56
	50	11.4	22.68	10.80	13.80	19.56	56.4	58.0	90.0	49.5	22.40	15.21
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RT	10	10.3	23.28	18.90	14.90	27.51	29.0	28.6	41.9	31.7	20.90	24.93
	30	11.9	16.25	14.50	10.10	18.98	42.3	42.9	61.3	47.6	36.24	18.17
	50	11.4	16.95	11.60	10.60	23.26	58.0	61.4	75.0	64.1	25.10	20.22
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MT	10	10.3	39.82	15.60	12.30	27.60	32.1	29.6	45.7	36.1	19.60	34.36
	30	11.9	28.94	18.90	18.60	24.16	48.3	51.7	62.9	45.8	25.25	21.77
	50	11.4	25.27	13.60	19.80	24.45	59.5	70.2	74.8	59.3	30.18	42.61
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NT	10	10.3	21.32	16.70	12.60	14.70	27.1	32.3	42.2	28.1	20.21	28.33
	30	11.9	15.95	12.90	11.90	16.33	45.7	37.3	49.0	43.6	40.12	25.31
	50	11.4	21.07	15.90	15.20	18.96	64.5	59.2	68.0	52.4	30.40	23.79
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark: Complete fertilizer (15-15-15) at rate of 250 kg ha⁻¹ was applied equally at 18 August and 7 September 2008, respectively.

CT = 3 disc followed by 7 disc plough; RT = 7 disc plough; MT = 7 disc plough with mulching; NT = no tillage

ns = Means in a column are not significantly different at P<0.05 according to DMRT.

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณของไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์ที่ระดับความลึก 10, 30, และ 50 เซนติเมตร
หลังจากการใส่ปุ๋ย (4 กรกฎาคม - 1 ตุลาคม 2552)

Tillage	Depth (cm)	Nitrogen (g kg ⁻¹)																			
		Date – Month 2009																			
		4-Jul	6-Jul	8-Jul	10-Jul	12-Jul	14-Jul	16-Jul	18-Jul	20-Jul	22-Jul	13-Sep	15-Sep	17-Sep	19-Sep	21-Sep	23-Sep	25-Sep	27-Sep	29-Sep	1-Oct
CT	10	0.13	0.12	0.19	0.18	0.13	0.18	0.12	0.11	0.06	0.17	0.40	0.22	0.20	0.12	0.24	0.38	0.16	0.25	0.18	0.11
	30	0.13	0.17	0.12	0.18	0.20	0.19	0.19	0.13	0.13	0.06	0.11	0.16	0.10	0.11	0.36	0.33	0.15	0.23	0.20	0.11
	50	0.10	0.18	0.12	0.12	0.07	0.12	0.23	0.06	0.13	0.16	0.11	0.17	0.17	0.13	0.21	0.27	0.17	0.06	0.27	0.27
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RT	10	0.18	0.31	0.30	0.24	0.20	0.17	0.17	0.18	0.22	0.06	0.18	0.29	0.20	0.24	0.32	0.18	0.27	0.21	0.21	0.21
	30	0.11	0.24	0.18	0.17	0.18	0.18	0.12	0.06	0.07	0.13	0.12	0.33	0.19	0.24	0.21	0.36	0.16	0.11	0.11	0.11
	50	0.16	0.18	0.18	0.06	0.14	0.28	0.12	0.12	0.25	0.06	0.18	0.10	0.12	0.30	0.18	0.32	0.17	0.28	0.15	0.15
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MT	10	0.16	0.24	0.12	0.19	0.25	0.25	0.06	0.06	0.12	0.11	0.20	0.20	0.16	0.27	0.11	0.15	0.21	0.12	0.26	0.10
	30	0.13	0.21	0.12	0.12	0.18	0.13	0.06	0.12	0.11	0.12	0.13	0.17	0.12	0.20	0.19	0.16	0.27	0.10	0.19	0.21
	50	0.12	0.19	0.12	0.12	0.19	0.42	0.11	0.11	0.12	0.11	0.18	0.15	0.13	0.23	0.11	0.16	0.35	0.06	0.21	0.16
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NT	10	0.18	0.24	0.06	0.17	0.18	0.12	0.12	0.00	0.18	0.11	0.18	0.28	0.23	0.26	0.18	0.15	0.11	0.18	0.18	0.23
	30	0.14	0.19	0.23	0.06	0.12	0.13	0.18	0.06	0.12	0.12	0.25	0.23	0.19	0.24	0.24	0.21	0.24	0.12	0.10	0.27
	50	0.14	0.18	0.17	0.17	0.19	0.12	0.11	0.12	0.17	0.06	0.22	0.17	0.25	0.30	0.21	0.10	0.23	0.06	0.15	0.18
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark: Complete fertilizer (15-15-15) at rate of 187.5 kg ha⁻¹ and 125 kg ha⁻¹ was applied at 3 July and 12 September 2009, respectively.

CT = 3 disc followed by 7 disc plough; RT = 7 disc plough; MT = 7 disc plough with mulching; NT = no tillage

ns = Means in a column are not significantly different at P<0.05 according to DMRT.

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณของโพแทสเซียมที่เหลืออยู่ในดินภายใต้การไถพรวนดินแบบปกติและแบบอนุรักษ์ที่ระดับความลึก 10, 30, และ 50 เซนติเมตร
หลังจากการใส่ปุ๋ย (4 กรกฎาคม - 1 ตุลาคม 2552)

Tillage	Depth (cm)	Potassium (mg kg ⁻¹)																			
		Date – Month 2009																			
		4-Jul	6-Jul	8-Jul	10-Jul	12-Jul	14-Jul	16-Jul	18-Jul	20-Jul	22-Jul	13-Sep	15-Sep	17-Sep	19-Sep	21-Sep	23-Sep	25-Sep	27-Sep	29-Sep	1-Oct
CT	10	47.27	27.46	20.37	25.73	51.91	19.72	30.05	13.73	18.89	16.56	20.85	23.49	22.21	25.06	32.44	30.53	17.97	21.03	22.60	40.02
	30	42.24	21.62	19.69	19.90	23.00	24.69	18.87	22.44	18.68	15.09	19.67	18.76	23.56	17.74	18.23	19.96	20.56	21.73	26.20	21.67
	50	43.09	25.26	20.89	21.25	36.18	21.66	19.69	19.56	21.37	17.12	22.14	23.18	27.06	20.64	22.29	23.50	15.21	19.28	27.54	22.68
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RT	10	51.10	22.36	14.60	25.15	32.79	22.57	18.89	27.51	21.10	17.68	26.89	21.54	22.41	26.61	30.64	28.01	24.93	25.67	25.69	23.28
	30	44.41	26.43	18.07	19.07	23.63	25.83	21.91	18.98	24.71	16.32	30.65	20.90	24.79	26.15	25.87	23.46	18.17	20.45	19.80	16.25
	50	71.30	25.52	21.29	20.36	24.00	33.17	21.32	23.26	24.88	17.55	26.09	24.30	20.65	21.90	25.27	21.28	20.22	16.96	24.38	16.95
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MT	10	59.86	27.03	27.72	26.49	30.18	20.14	24.58	27.60	15.67	15.30	23.20	19.29	29.15	26.72	24.26	23.26	34.36	16.99	31.82	39.82
	30	49.25	18.55	24.01	23.78	27.99	25.41	22.86	24.16	22.82	20.19	24.18	26.58	21.77	17.44	16.55	25.94	21.77	19.42	23.78	28.94
	50	60.39	26.32	20.12	24.77	24.52	22.48	20.94	24.45	22.70	22.33	24.06	25.54	25.58	27.08	23.25	20.92	42.61	18.94	26.66	25.27
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NT	10	30.83	20.41	15.92	17.09	19.16	20.73	14.84	14.70	17.33	16.81	30.23	24.39	24.32	22.87	20.33	30.48	28.33	31.73	20.45	21.32
	30	36.76	18.87	15.55	21.33	16.62	21.09	18.01	16.33	25.25	16.97	19.36	22.32	21.18	21.02	17.01	19.07	25.31	20.92	25.30	15.95
	50	48.33	19.12	18.68	20.39	25.85	20.68	17.34	18.96	31.38	18.21	18.29	24.95	26.39	18.82	19.43	24.70	23.79	19.79	20.44	21.07
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark: Complete fertilizer (15-15-15) at rate of 187.5 kg ha⁻¹ and 125 kg ha⁻¹ was applied at 3 July and 12 September 2009, respectively.

CT = 3 disc followed by 7 disc plough; RT = 7 disc plough; MT = 7 disc plough with mulching; NT = no tillage

ns = Means in a column are not significantly different at P<0.05 according to DMRT.

ตารางผนวกที่ 6 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับของสมบัติดิน (เอิบ, 2542; Dent and Changprai, 1973; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

Soil properties	Range	Rating
Bulk density (Mg m^{-3})	< 1.2	Very low
	1.2-1.4	Low
	1.4-1.6	Moderate
	1.6-1.8	Moderately high
	1.8-2.0	High
	>2.0	Very high
Saturated hydraulic conductivity (cm h^{-1})	<0.125	Very slow
	0.125-0.50	Slow
	0.50-2.00	Moderately slow
	2.00-6.25	Moderate
	6.25-12.50	Moderately rapid
	12.50-25.00	Rapid
	> 25.00	Very rapid
Soil pH (1:1 Soil: H_2O)	< 3.5	Ultra acid
	3.5-4.4	Extremely acid
	4.5-5.0	Very strongly acid
	5.1-5.5	Strongly acid
	5.6-6.0	Moderately acid
	6.1-6.5	Slightly acid
	6.6-7.3	Neutral
	7.4-7.8	Slightly alkaline
	7.9-8.4	Moderately alkaline
	8.5-9.0	Strongly alkaline
	> 9.0	Very strongly alkaline
Organic matter (g kg^{-1})	< 5	Very low
	5-10	Low
	10-15	Moderately low
	15-25	Moderate
	25-35	Moderate high
	35-45	High
	> 45	Very high
Total nitrogen (g kg^{-1})	< 1.0	Very low
	1.0-2.0	Low
	2.0-5.0	Moderately
	5.0-7.5	High
	> 7.5	Very high
Available P by Bray II (mg kg^{-1})	< 3	Very low
	3-6	Low
	6-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-25	Moderate high
	25-45	High
	> 45	Very high

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

Soil properties	Range	Rating
Available K by NH_4OAc (mg kg^{-1})	< 30	Very low
	30-60	Low
	60-90	Moderately
	90-120	High
	> 120	Very high
Extractable bases (cmol kg^{-1})		
Ca	< 2.0	Very low
	2-5	Low
	5-10	Moderately
	10-20	High
	> 20	Very high
Mg	< 0.3	Very low
	0.3-1.0	Low
	1.0-3.0	Moderately
	3.0-8.0	High
	> 8.0	Very high
K	< 0.2	Very low
	0.2-0.3	Low
	0.3-0.6	Moderately
	0.6-1.2	High
	> 1.2	Very high
Na	< 0.1	Very low
	0.1-0.3	Low
	0.3-0.7	Moderately
	0.7-2.0	High
	> 2.0	Very high
Sum bases	< 2.6	Very low
	2.6-6.6	Low
	6.6-14.3	Moderately
	14.3-31.2	High
	> 31.2	Very high
CEC by NH_4OAc (cmol kg^{-1})	<3	Very low
	3-5	Low
	5-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-20	Moderately high
	20-30	High
	>30	Very high
Base saturation (%)	<35	Low
	35-75	Moderately
	>75	High
Extractable acidity (cmol kg^{-1})	<1	Very low
	1-2	Low
	2-5	Moderate
	5-10	Moderately high
	10-20	High
	>20-30	Very high