ผลงานเรื่องที่ 2

ผลงานฉบับเต็ม
เรื่อง
การจัดการเศษซากพืชเพื่อกักเก็บคาร์บอนในระบบปลูกข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมา

Management of Crop Residues for Carbon Sequestration in Maize Cultivation System of Nakhonratchasima Province

ของ

นายชินพัฒน์ธนา สุขวิบูลย์

ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 529

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน

เสนอ

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ

ตำแหน่งเลขที่ 529 ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 51-53-04-12-030001-010-108-02-11

51-53-04-12-030001-010-108-02-11

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
สารบัญตารางภาคผนวก	ง
สารบัญภาพภาคผนวก	จ
บทคัดย่อ	ฉ
Abstract	ช
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	2
วิธีดำเนินการ	19
ผลการทดลองและวิจารณ์	21
สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ	29
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	34

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติบางประการของดิน ก่อนดำเนินการ และสิ้นสุดการทดลอง จังหวัดนครราชสีมา	25
2	ปริมาณรวมและค่าเฉลี่ย 3 ปี ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ตันคาร์บอนต่อไร่) จากแปลงทดลอง จังหวัดนครราชสีมา (± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในวงเล็บ)	26
3	น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และผลผลิตเมล็ดของข้าวโพด จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)	27
4	ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net C budget) เฉลี่ย 3 ปี ของจังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)	28

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การหมุนเวียนและปริมาณการเก็บกักของคาร์บอนในแหล่งต่างๆ ของโลก (Pg = 10^{15}g) สัญลักษณ์ลูกศร แสดงอัตราการหมุนเวียนของคาร์บอน (Pg C/yr) ระหว่างบรรยากาศและแหล่งเก็บกักในภาคพื้นดินหลัก 2 แห่ง ประกอบไปด้วยที่ดินและมหาสมุทร	9
2	รูปแบบจำลองของวัฏจักรคาร์บอน (Net carbon flux model) (West and Marland, 2002)	17
3	การวัดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2จากดินโดย Portable CO_2 analyzer จาก Closed static chamber ในแปลงทดลอง	21
4	หน้าตัดดินของพื้นที่ดำเนินการทดลองปลูกข้าวโพด	22
5	ปริมาณคาร์บอนที่เก็บอยู่ในดิน (Soil C stock) ตลอดความลึก 1 เมตร ในแปลงทดลอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)	23
6	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และ เผาตอซัง ของจังหวัดนครราชสีมา ในฤดูปลูกปีที่ 1 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)	24
7	ปริมาณน้ำฝนรายเดือน ตามฤดูเพาะปลูก 3 ปี ของจังหวัดนครราชสีมา (มิลลิเมตร)	25

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 เกณฑ์ระดับความรุนแรงของค่าวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ดิน:น้ำ= 1:1 35

2 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 35

3 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (Bray ll) 35

4 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable K) 36

5 กณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Ca) 36

6 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Mg) 36

7 สมบัติบางประการของดิน ก่อนดำเนินการและ สิ้นสุดการทดลองในแปลง จังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี 37

8 ปริมาณรวมและค่าเฉลี่ย 3 ปี ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ตันคาร์บอนต่อไร่) จากแปลงทดลอง จังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี (± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในวงเล็บ) 38

9 น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และผลผลิตเมล็ดของข้าวโพด จังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี (ตันคาร์บอนต่อไร่) 39

10 ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net C budget) เฉลี่ย 3 ปี ของจังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี (ตันคาร์บอนต่อไร่) 40

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และเผาตอซัง ของจังหวัดชลบุรี ฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)	41
2	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และเผาตอซังของจังหวัดลพบุรี ฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)	42

การจัดการเศษซากพืชเพื่อกักเก็บคาร์บอนในระบบปลูกข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมา

ชินพัฒน์ธนา สุขวิบูลย์

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน

บทคัดย่อ

การจัดการเศษซากพืชเพื่อกักเก็บคาร์บอนในระบบปลูกข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมาได้ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในชุดดินวังสะพุง มีสมบัติด่างต่ำ (Ws-lb) โดยดำเนินการทดลองเป็นเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2551 - 2553) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน การเก็บกักคาร์บอนในดิน การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ประกอบด้วย 3 ตำรับทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ คือ 1) การถอนตอซัง (แปลงควบคุม) 2) ไถกลบตอซัง และ 3) เผาตอซัง ข้อมูลดิน พืช และก๊าซ ได้ถูกเก็บและวิเคราะห์ในช่วงตลอดฤดูเพาะปลูก และนำไปใช้ประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน

ผลการทดลอง 3 ปี พบว่าการจัดการตอซังข้าวโพดทั้ง 3 ตำรับ ชี้ชัดว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีการปลดปล่อยจากดินตลอดทั้งฤดูปลูกเฉลี่ย 3 ปี ค่า 0.550, 0.558 และ 0.557 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อฤดูปลูก ตามลำดับ เมื่อทำการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน เฉลี่ย 3 ปี พบว่ามีค่า 0.550, 0.142 และ 0.779 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อฤดูปลูก ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซังและเผาตอซัง ตามลำดับ สำหรับการศึกษาสมบัติของดินก่อนและหลังการทดลองพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยเฉพาะค่าอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งผลการทดลอง 3 ปี ชี้ให้เห็นว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุในดินจากแปลงไถกลบตอซัง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การไถกลบตอซังไม่มีผลแตกต่างต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน เมื่อเทียบกับการถอนตอซัง (แปลงควบคุม) และเผาตอซัง สำหรับสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน สรุปได้ว่าการไถกลบตอซัง เป็นวิธีการที่ช่วยให้มีการเก็บกักคาร์บอนในดินเพิ่มมากขึ้น และมีค่ามากกว่าแปลงควบคุมและแปลงเผาตอซัง ซึ่งมีผลต่อการบรรเทาสภาวะโลกร้อนได้ด้วย

คำสำคัญ : พลวัตรของคาร์บอนในดิน การไถกลบตอซัง ข้าวโพด การเก็บกักคาร์บอนในดิน การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน

เลขที่ทะเบียนวิจัย 51-53-04-12-030001-010-108-02-11

Management of Crop Residues for Carbon Sequestration in Maize Cultivation System of Nakhonratchasima Province

Chinapatana SUKVIBOOL

Office of Land Development Region 3 Land Development Department

Abstract

The research of soil carbon dynamics in incorporation of corn stubble residues was carried out in Wangsaphung low base (Ws-lb) soil series at Center of Research and Transfer Land Development Technology, Nakhonratchasima province. The research was executed from 2008 to 2010. The objectives were to estimate the effects of corn stubble residues incorporation management on CO_2 emissions from soil, soil properties, carbon sequestration and net C budget. The experimental plot was designed as Randomized Complete Block Design (RCBD) in 4 replications of 3 treatments consisted of 1) control plot (take all corn stubble residues out from the field) 2) incorporation of corn stubble residues and 3) corn stubble residue burning. The properties of soil, plant and gas emissions from soil were collected during the season of maize cultivation for estimating of the net C budget of soil.

From the result, the soil properties of the site did not change from the beginning until the end of crop study especially the organic matter in soil. The result of the average of CO_2 emissions from soil showed that there were not significant difference among those treatments. The average of CO_2 emissions from soil in the 3 studied years were 0.555, 0.558 and 0.557 ton C /rai/ crop in control, incorporation and burning plots, respectively. The estimation of net C budget has the value of 0.550, 0.142 and 0.779 ton C /rai/crop, in the control, incorporation and burning plot, respectively. It indicated that the net carbon emission was reduced in the incorporation plots. According to this study, it was concluded that there was not significant effect on CO_2 emissions from the corn stubble residues incorporation plot when compared with the others. Base upon the result of net C budget estimation, it indicated that the corn stubble residue incorporation plot can reduce the amount of net carbon emissions. In other words, it can contribute the carbon sequestration into the soil system.

Key word: Soil carbon dynamic, Stubble residues incorporation, Maize, Soil carbon sequestration, and Net carbon budget

Research Registration No. : 51-53-04-12-030001-010-108-02-11

คำนำ

ทรัพยากรดิน เป็นแหล่งที่สามารถใช้ในการกักเก็บคาร์บอนที่ดีที่สุด ด้วยการใช้วิธีการจัดการต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการทำให้ดินคงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินให้ได้เป็นเวลานานที่สุด ลดการถูกย่อยสลายและถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าธรรมชาติมาเป็นพื้นที่ทำการเกษตร ส่งผลกระทบต่อปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในพืช และที่อยู่ในดินในรูปของอินทรียวัตถุ เกิดกระบวนการย่อยสลายในอัตราที่เร็วขึ้น ดังนั้น การจัดการหรือวิธีการทำเกษตรกรรมที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินไม่ให้เกิดการย่อยสลายไปอย่างรวดเร็วได้ (Lal, 1999) ส่งผลต่อการบรรเทาหรือช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศได้ โดยอาศัยวิธีการจัดการต่างๆ เพื่อลดการดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือการหาแหล่ง (sink) ที่จะช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เอาไว้ นักวิจัยวิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร ที่อาจส่งผลต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อน และการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรที่เหมาะสมเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าวได้ กรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อรักษาทรัพยากรดินและน้ำให้ถูกใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน ได้เชื่อมโยงภารกิจหลักของกรมพัฒนาที่ดินและนโยบายช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของประชากรโลก โดยอาศัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบการเพาะปลูก และการจัดการต่างๆ ให้เหมาะสม ส่งผลต่อการช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน บรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อนตามนโยบายและภารกิจของกรมพัฒนาที่ดิน และช่วยคงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในการทำการเกษตรกรรมได้อย่างยั่งยืนยาวนานต่อไป

การเพิ่มขึ้นของ ก๊าซ เรือนกระจกในปัจจุบัน ส่งผลถึงปัญหาของสภาวะโลกร้อน โดยในกลุ่มก๊าซเรือนกระจกนั้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีการปลดปล่อยมากที่สุด รองลงมาคือ มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ตามลำดับ (Jones and Briffa, 1992) ซึ่งภาคการเกษตรจัดเป็นส่วนหนึ่งของการปลดปล่อย และการช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ด้วย ดังนั้น ถ้าการจัดการเกษตรกรรมที่เหมาะสมจะสามารถช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในรูปของอินทรียวัตถุ และลดการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปก๊าซเรือนกระจกได้เป็นอย่างดี

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีประมาณ 11.84 ล้านไร่ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2544) ซึ่งพบว่าการไถกลบตอซังยังมีน้อยมาก กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงมีนโยบายรณรงค์ให้เกษตรกรไถกลบตอซังหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากจะช่วยปรับปรุงสมบัติของดินแล้ว ยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการเผาตอซังได้เป็นอย่างดี การไถกลบตอซังพืชหลังเก็บเกี่ยว จะสามารถลดพื้นที่การเผาตอซังพืชที่เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมได้ด้วย สิ่งนี้ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดีขึ้น และไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม แต่อย่างไรก็ตาม มีข้อ

ถกเถียงในเชิงวิชาการว่า การเพิ่มการไถกลบตอซังพืชโดยไม่เผาตอซัง ถึงแม้จะช่วยปรับปรุงสมบัติของดิน แต่จะมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น

การส่งเสริมเกษตรกรให้ดำเนินมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการเขตกรรมที่เหมาะสมในระบบระบบการปลูกข้าวโพด จะช่วยเพิ่มการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนไว้ในดินได้ นอกจากนี้ วิธีการจัดการต่างๆ ที่นำมาใช้ในระบบการปลูกข้าวโพด ส่งผลต่อพลวัตรและปริมาณการกักเก็บหรือการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งจะถูกนำมาเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพของพืชที่ปลูกอยู่ในระบบนั้นๆ ดังนั้น การศึกษาวิจัยการจัดการเศษซากพืชเพื่อกักเก็บคาร์บอนในระบบการปลูกข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมา จะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการปลูกข้าวโพดในระบบการปลูกพืช เพื่อเพิ่มการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอน ตามแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อไป

ดังนั้น การทดลองนี้จึงถูกออกแบบมาเพื่อทำการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการไถกลบตอซัง การเผาตอซัง และการไม่ไถกลบตอซังในระบบการปลูกข้าวโพด เพื่อศึกษาถึงผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน การกักเก็บคาร์บอนในดิน และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลที่ได้จาการศึกษาจะ เป็นพื้นฐานของการจัดการในภาคเกษตรกรรมของระบบระบบการปลูกข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมา ทั้งด้านการปรับตัวตลอดจนการบรรเทาภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี และที่สำคัญยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการดินเพื่อการปลูกข้าวโพดได้อย่างยั่งยืนอีกด้วย

วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ภายใต้การจัดการไถกลบตอซังในระบบการปลูกข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมา

(2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ภายใต้การจัดไถกลบตอซังของระบบการปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมา

(3) เพื่อศึกษาผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการเก็บกักคาร์บอนในดิน และการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net carbon budget) ของระบบการปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมา

การตรวจเอกสาร

ดินเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งในวัฏจักรของคาร์บอนในโลก สัดส่วนของคาร์บอนที่พบมากที่สุดอยู่ในดิน โดยพบคาร์บอนอินทรีย์ในดินประมาณ 1,550 Pg C (Soil Organic Carbon, SOC) และคาร์บอนอนินทรีย์ (Soil Inorganic Carbon, SIC) ประมาณ 750 Pg C ที่ระดับความลึก 1 เมตร (Batjes, 1996) ดังนั้นสัดส่วนของคาร์บอนที่ถูกเก็บกักอยู่ในดินมีมากกว่าที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ (770 Pg C) ถึง 3 เท่า และมี

มากกว่า 3.8 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนชีวภาพ (610 Pg C) อย่างไรก็ตาม ในส่วนของชั้นบรรยากาศโลกพบว่ามีการเพิ่มขึ้นนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1850 ในอัตราประมาณ 0.5 % ต่อปี หรือ 1.8 ppmv ต่อปี

การกักเก็บคาร์บอนและปลดปล่อยคาร์บอน สามารถคาดคะเนได้จากการหมุนเวียนคาร์บอนทั้งหมดในระบบ Odum (1983) ซึ่งการวิเคราะห์ในระบบนิเวศวิทยาต้องกำหนดขอบเขตที่แน่ชัด เพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเริ่มต้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกสู่บรรยากาศ จะแสดงเป็นค่าบวก และจะเป็นค่าลบ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรยากาศ สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่เก็บสะสม (Carbon stock) ซึ่งมีการเก็บศึกษาและรวบรวมโดย Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Watson et al., 2000)

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยพลวัตรของคาร์บอนในดินจากการไถกลบตอซังข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน การเก็บกักคาร์บอนในดิน การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน โดยได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) คือ ก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศที่ทำให้การสูญเสียความร้อนสู่ห้วงอวกาศลดลง จึงมีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศผ่านปรากฏการณ์เรือนกระจก ก๊าซเรือนกระจกมีความจำเป็นและมีความสำคัญต่อการรักษาระดับอุณหภูมิของโลก หากปราศจากก๊าซเรือนกระจก โลกจะหนาวเย็นจนสิ่งมีชีวิตอยู่อาศัยไม่ได้ แต่การมีก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปก็เป็นเหตุให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตดังที่เป็นอยู่กับบรรยากาศของดาวศุกร์ซึ่งมีบรรยากาศที่ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มากถึงร้อยละ 96.5 มีผลให้อุณหภูมิผิวพื้นร้อนขึ้น คำว่า “ก๊าซเรือนกระจก” บนโลกหมายถึงก๊าซต่างๆ เรียงตามลำดับตามปริมาณในบรรยากาศ ได้แก่ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ โอโซน และคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon) ก๊าซเรือนกระจกเกิดเองตามธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งปัจจุบันระดับคาร์บอนไดออกไซด์มีในบรรยากาศ 380 ppmv จะเห็นว่าระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศปัจจุบันสูงกว่าระดับเมื่อก่อนยุคอุตสาหกรรมประมาณ 100 ppmv (เทวา, 2555)

2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการเกษตร

แม้ว่าภาคการเกษตรจะไม่ใช่แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด แต่ภาคการเกษตรเป็นภาคที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมากที่สุด เนื่องจากเป็นภาคที่ประชากรมีฐานะทางเศรษฐกิจที่ด้อยที่สุด ทำให้มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสูง นอกจากนี้ ภาคการเกษตรเองยังมีศักยภาพในการที่จะเก็บกักก๊าซเรือนกระจกได้ เพราะการจัดการดินเกษตร จะมีการเติมอินทรียวัตถุสำหรับ

การปรับปรุงดินและเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับพืช อินทรียวัตถุเหล่านี้มีองค์ประกอบของคาร์บอนอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้น การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุที่ผิวดินและใต้ดิน จึงช่วยเก็บกักคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นได้ และลดปริมาณคาร์บอนในชั้นบรรยากาศลงภาคการเกษตรในปัจจุบันมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมประมาณร้อยละ 14.9 ของก๊าซเรือนกระจกรวม โดยแบ่งการปล่อยในทางตรงจากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์มีปริมาณราวร้อยละ 13.5 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด และทางอ้อมอีกร้อยละ 1.4 จากการใช้เครื่องจักรกลในการเกษตร ซึ่งไม่นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบุกเบิกพื้นที่ป่าหรือพื้นที่ธรรมชาติ เพื่อใช้ในการเกษตร โดยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากภาคการเกษตรนี้มีทั้ง มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกือบสามในสี่มาจาก 2 แหล่งคือ การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ที่ดินในการเพาะปลูก และการเลี้ยงปศุสัตว์ (รวมทั้งการจัดการมูลสัตว์ด้วย) ซึ่งทำให้ภาคการเกษตรเป็นแหล่งปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซมีเทนที่สำคัญที่สุด (ONEP, 2009)

กิจกรรมภาคการเกษตรเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ เนื่องจากพื้นที่เกษตรทั่วโลกมีอาณาบริเวณที่ใหญ่ คิดเป็น 5.023 ล้านเฮกตาร์ โดยคิดเป็นร้อยละ 40-50 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด ก๊าซเรือนกระจกหลักที่ปล่อยจากพื้นที่เกษตร ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ โดยค่าประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ในปี ค.ศ. 2005 คิดเป็น 5.1-6.1 Gt CO_2eq ต่อปี หรือ ร้อยละ 10-12 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งโลก ซึ่งเป็นก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ในปริมาณกว่า 3.3 และ 2.8 Gt CO_2eq ต่อปี ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 50 และร้อยละ 60 ของก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยทั่วโลกในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการปล่อยสุทธิเพียง 0.04 Gt CO_2eq ต่อปี ทั้งนี้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์ หรือเกิดจากการเผาเศษซากพืชและอินทรียวัตถุในดิน มีเทนเกิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด จากการย่อยอาหารของสัตว์ จากการหมักมูลสัตว์หรือเศษซากพืชและจากนาข้าว และไนตรัสออกไซด์ที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและมูลสัตว์ ซึ่งโดยมากจะเกิดจากการใส่ไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช แม้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรจะมีความซับซ้อน แต่การจัดการระบบเกษตรที่เหมาะสม ยังมีความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกหลายทางสามารถใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน และสามารถนำไปปฏิบัติได้ทันทีอีกด้วย

ภาคเกษตรกรรมมีบทบาทที่เพิ่มขึ้นต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยข้อมูลการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากการเกษตรระบุว่ามีการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซทั้งสองชนิดคิดเป็นร้อยละ 17 ระหว่างปี ค.ศ.1990-2005 ทั้งนี้ เป็นเพราะการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกที่ทำให้มีความต้องการอาหารที่สูงขึ้น จึงเร่งให้เกิดการบุกรุกพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าและเปลี่ยนพื้นที่เหล่านั้นให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์มากยิ่งขึ้น เพื่อให้มีผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการและตอบรับกับการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การทำปศุสัตว์ที่มากขึ้น และเพิ่มการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เมื่อพิจารณาการเพิ่มพื้นที่เกษตรในระยะหลัง ผลที่ได้แสดงอย่างชัดเจนแล้วว่า การเพิ่มพื้นที่ทางการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนาเพิ่มขึ้นกว่า 502 ล้าน

เฮกตาร์ ในขณะที่ประเทศที่พัฒนาแล้วมีพื้นที่การเกษตรลดลงประมาณ 41 ล้านเฮกตาร์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าภูมิภาค 5 แห่งในกลุ่มประเทศนอกผนวกที่ 1 (Non-Annex 1) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มีเทนและไนตรัสออกไซด์) ที่เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 32 คิดเป็นสามในสี่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรทั้งหมด และอีก 5 ภูมิภาคซึ่งโดยมากอยู่ในกลุ่มประเทศในภาคผนวกที่ 1 (Annex 1) มีผลรวมการปล่อยก๊าซที่ลดลงประมาณร้อยละ 12 ผลการประเมินนี้แสดงให้เห็นว่าการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทย จำเป็นต้องตระหนักถึงการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรม และเร่งหาแนวทางบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อรับรองข้อกำหนด ที่อาจมีในอนาคตในการจำกัดหรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มนี้ (เทวา, 2555)

2.1 การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรม

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) ในภาคเกษตรกรรมมีหลายแนวทาง โดยการลดก๊าซเรือนกระจกที่กล่าวนี้หมายถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการส่งเสริมการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน (Sink) โดยการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนเป็นกลไกที่มีผลอย่างมากต่อการลดก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นศักยภาพเชิงเทคนิคที่ประมาณร้อยละ 89 ในขณะที่การลดการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากดินเป็นร้อยละ 9 และร้อยละ 2 ตามลำดับ โดยตัวเลขประเมินนี้อ้างอิงจากความยากง่ายในการใช้แนวทางลดก๊าซเรือนกระจก ประสิทธิภาพของวิธีการ และความคงทนของวิธีการที่อาจเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยภายนอก เช่น ภูมิอากาศ สภาวะเศรษฐกิจ และพฤติกรรมสังคม เป็นต้น

แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมที่เป็นที่รู้จัก คือการปรับปรุงการจัดการพืชและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (เช่น การปรับปรุงวิธีการทำเกษตร การใช้ปุ๋ย การไถพรวน และการจัดการเศษซากพืช) การฟื้นฟูดินอินทรีย์หรือดินพรุที่ถูกระบายน้ำออกเพื่อใช้ในการเพาะปลูก และการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมสภาพ นอกจากนี้ ยังมีแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกโดยการปรับปรุงการจัดการน้ำในนาข้าว การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การยกเลิกที่ดินเพาะปลูก (Set-aside) ระบบวนเกษตร และการปรับปรุงการจัดการปศุสัตว์และมูลสัตว์ ทั้งนี้ การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมหลายแนวทาง สามารถนำไปใช้ได้ในทันทีด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน แต่ยังควรส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกต่อไปเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมเป็นแนวทางที่มีศักยภาพเชิงต้นทุนอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในภาคกิจกรรมอื่นๆ เช่น ภาคพลังงาน ภาคขนส่ง และป่าไม้ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถตอบโจทย์การแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว ด้วยเหตุนี้ จึงควรพัฒนาแนวทางใหม่ ในการลดก๊าซเรือนกระจก สำหรับระบบการทำปศุสัตว์และการใช้มูลสัตว์เพื่อลดอัตราเพิ่มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมต่อไป

อย่างไรก็ตาม แนวทางที่เหมาะสมในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรม จะเป็นวิธีที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเกษตรที่ดำเนินการอยู่แล้ว เช่น การปรับเปลี่ยนการไถพรวน การใช้ปุ๋ย สูตรอาหารสัตว์ และการจัดการมูลสัตว์ เป็นต้น วิธีการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมโดยมากมีความสอดคล้องและส่งเสริมกับนโยบายการพัฒนาที่ยั่งยืน และมีบทบาทต่อความยั่งยืนในประเด็นด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม แต่หลายแนวทางอาจมีประโยชน์ร่วมในด้านอื่น เช่น ประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้น ต้นทุนการผลิตที่ลดต่ำลง และการได้ประโยชน์ร่วมด้านสิ่งแวดล้อม โดยประโยชน์เหล่านี้อาจมาพร้อมกับการแลกเปลี่ยนมลพิษจากแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกที่นำไปใช้ ด้วยเหตุนี้จึงต้องคำนึงถึงความสมดุลของผลดีและผลเสียเหล่านี้ เพื่อให้วิธีลดก๊าซเรือนกระจกถูกนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมมีศักยภาพอย่างมาก แต่มีหลักฐานปรากฏว่าการนำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้ในระดับโลกมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยอุปสรรคในการนำไปใช้ของเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรม ต้องพิจารณาในเชิงของแรงจูงใจทางนโยบายและเศรษฐศาสตร์ และในเชิงอื่นๆ ที่ส่งเสริมการใช้ร่วมกันของเทคโนโลยีใหม่ๆ ในระดับโลก (เทวา, 2555)

นาฏสุดา (2547) รายงานว่าวิธีการที่ดีที่สุดในการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือการเก็บกักคาร์บอนไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ของไม้ที่มีอายุการใช้งานที่ยืนยาว ต้นไม้และป่าไม้เป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญ โดยทั่วไปคาร์บอนอินทรีย์ประมาณครึ่งหนึ่งเก็บไว้ในมวลชีวภาพของต้นไม้ อยู่ในรูปของน้ำหนักแห้ง โดยเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ เป็นต้น

2.2 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

2.2.1 ผลกระทบต่อภูมิอากาศ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศซึ่งมีความรุนแรงและบ่อยมากขึ้น เช่น ทำให้เกิดอุทกภัย ปัญหาแห้งแล้ง เป็นต้น เนื่องจากฝนตกน้อยลง กล่าวคือ พื้นที่ภาคใต้จะมีฝนตกชุกและเกิดอุทกภัยบ่อยครั้งขึ้น ในขณะที่ภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือต้องเผชิญกับภัยแล้งมากขึ้น รูปแบบของฝนและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้วัฏจักรของน้ำเปลี่ยนแปลง เกิดพายุ น้ำท่วม และภัยแล้ง

2.2.2 ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเลและพื้นที่ชายฝั่ง เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น ระดับน้ำทะเลก็จะสูงเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเกิดการขยายตัวของผิวน้ำทะเล และการละลายของภูเขาน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก และส่งผลกระทบโดยตรงต่อการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ บริเวณชายฝั่งทะเล โดยพื้นที่บริเวณชายฝั่งจะถูกน้ำท่วมและถูกกัดเซาะมากขึ้น เกิดการสูญเสียที่ดิน

2.2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มสูงขึ้นและเหตุการณ์ตามธรรมชาติที่รุนแรงและเกิดบ่อยครั้ง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพและอนามัยของคนไทย โรคระบาดที่สัมพันธ์กับการบริโภคอาหารและน้ำดื่ม มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงมากขึ้น โดยภัยธรรมชาติ เช่น ภาวะน้ำท่วมทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะเป็น โรคบิด ท้องร่วง และอหิวาตกโรค เป็นต้น โรคติดต่อในเขตร้อนก็มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้น และจะคร่าชีวิตผู้คนเป็นจำนวนมากเช่นเดียวกัน

2.2.4 ผลกระทบต่อเกษตรกรรม การศึกษาของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ระบุว่าในประเทศไทยมีแนวโน้มว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะทำให้ปริมาณน้ำลดลง (ประมาณร้อยละ 5-10) ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตด้านการเกษตร โดยเฉพาะข้าว ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และต้องอาศัยปริมาณน้ำฝนและแสงแดดที่แน่นอน รวมถึงความชื้นของดินและอุณหภูมิเฉลี่ยที่พอเหมาะด้วย (เทวา, 2555)

2.2.5 ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ เนื่องจากมีการประเมินกันว่า หากโลกร้อนขึ้น 1.5-4.5 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนและหิมะจะเพิ่มร้อยละ 7-15 แต่ไม่กระจายทั่วโลกทำให้บางบริเวณเกิดน้ำท่วมบางบริเวณเกิดความแห้งแล้ง และเกิดแหล่งน้ำใหม่ ทำให้เสียสภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (วริศรา, 2539)

2.2.6 ผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคม การที่อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้น จะมีผลโดยตรงต่อสุขภาพจิตและอารมณ์มีผลกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมก้าวร้าว ก่อให้เกิดปัญหาอาชญากรรม และอุบัติเหตุสูงขึ้น การอพยพย้ายถิ่นจากที่อยู่เดิม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงและสูญหายของวัฒนธรรม ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ เกิดจากการต้องเสียค่าใช้จ่ายในการศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงของโลก การป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้น

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซเรือนกระจกกับวงจรคาร์บอนในโลก

คาร์บอนเป็นธาตุหนึ่งที่สำคัญซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในสิ่งมีชีวิต ในธรรมชาตินั้น พืช และจุลินทรีย์ ถือเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงวงจรคาร์บอนในโลก พืชทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาเก็บสะสมไว้ในรูปสารประกอบอินทรีย์ในส่วนต่างๆ ของพืช โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) และจุลินทรีย์ในดิน ทำหน้าที่ย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนรูปคาร์บอนอินทรีย์ในเศษซากพืชและสัตว์ที่ตายลง ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปล่อยกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้คาร์บอนเข้าสู่วงจรคาร์บอน (Carbon cycle) อีกครั้ง นอกจากนี้คาร์บอนบางส่วนที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน สามารถเก็บสะสมไว้ในดินในรูปสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ฮิวมัส (Humus) สารประกอบคาร์บอเนต รวมถึงในรูปของแหล่งพลังงานฟอสซิล (น้ำมันถ่านหิน) (สิริกานดา, 2551)

ก๊าซเรือนกระจก เช่น มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไอน้ำ เป็นก๊าซที่พบอยู่แล้วทั่วไปในชั้นบรรยากาศ โดยก๊าซเหล่านี้ทำหน้าที่เก็บสะสมความร้อนเพื่อทำให้โลกอบอุ่นขึ้น นับจากยุคน้ำแข็งหากไม่มีก๊าซเรือนกระจก อุณหภูมิของผิวโลกน่าจะต่ำมากจนถึง –20 องศาเซลเซียส แทนที่จะเป็น 15 องศาเซลเซียส (Kiehl and Trenberth, 1997) ตราบเท่าที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่ และอุณหภูมิโลกยังคงสมดุลหากแต่ว่าในช่วงศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา กิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งฟอสซิล เป็นสาเหตุหลักทำให้ที่ดินเสื่อมโทรม และเนื่องจากที่อุณหภูมิสูง การสลายตัวของอินทรียวัตถุและอินทรีย์สารในดินเกิดได้ดี (อรวรรณ, 2550) คาร์บอนในรูปพลังงานจากฟอสซิลถูกนำมาใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น ทำให้คาร์บอนจาก

แหล่งสะสมเหล่านี้ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พบมีปริมาณความเข้มข้นสูงขึ้นมาก เป็นเหตุให้วงจรคาร์บอนในธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ มหาสมุทร พืชพรรณ ดิน และบรรยากาศ เป็นต้น เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากสมดุล คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่มีปริมาณมากเกิน เป็นเสมือนตัวขวางกั้นการสะท้อนของรังสีคลื่นยาว (รังสีอินฟราเรด) กลับสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้พลังงานความร้อนถูกเก็บสะสมไว้เพิ่มมากขึ้น (นิพนธ์, 2549 อ้างถึงใน สิริกานดา, 2551) อุณหภูมิของผิวโลกเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น และเกิดเป็นภาวะโลกร้อน (Global warming) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงได้ ดังเช่นปรากฏแล้วในปัจจุบัน

2.4 คาร์บอนอินทรีย์

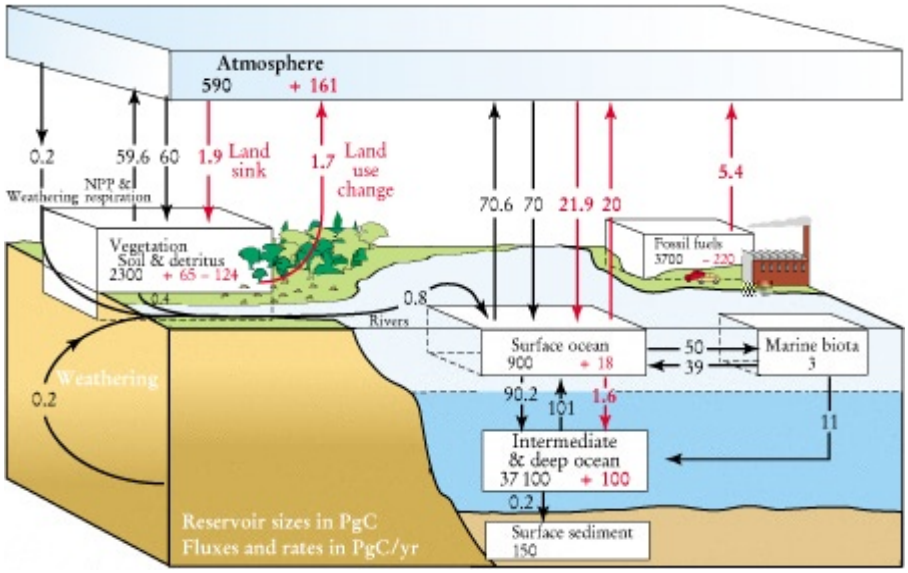
แหล่งสะสมคาร์บอนบนโลกหลักๆ ได้แก่ ดิน บรรยากาศ และน้ำ เป็นต้น คาร์บอนที่อยู่บนพื้นโลกมีประมาณ 2 เท่าของคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศ หรือ 3 เท่าของคาร์บอนในพื้นดินที่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ 1 ใน 3 ของคาร์บอนเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งพบใต้ดิน และ 1 ใน 25 ของคาร์บอนจะอยู่ในน้ำ สำหรับการแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างพื้นดินและบรรยากาศนั้น ดินจะมีการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศในปริมาณเท่ากับที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง และถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินเนื่องมาจากการกร่อนดินจะทำให้ปริมาณคาร์บอนในดินลดลง

การสะสมคาร์บอนอินทรีย์มีต้นกำเนิดมาจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ซึ่งเป็นการย่อยสลายของพืชและสัตว์ด้วยจุลินทรีย์ การย่อยสลายของพืชหรือลำต้นที่ถูกไถกลบลงไปในดินหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการย่อยสลายของสัตว์ที่ตายลง ปุ๋ยคอกที่เติมลงไปในดินเพื่อช่วยยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน หลังจากสิ่งต่างๆ เหล่านั้นเข้าสู่ดินแล้ว คาร์บอนอินทรีย์จะส่งผลต่อโครงสร้างของดิน โดยเริ่มจากมวลชีวภาพถูกเปลี่ยนสภาพในกระบวนการย่อยสลายพร้อมทั้งมีจุลินทรีย์ในดินมาย่อยสลายมวลชีวภาพ อินทรีย์คาร์บอนที่มาจากแต่ละขั้นตอนนั้นมีองค์ประกอบและคุณสมบัติแตกต่างกัน บางครั้งการแตกตัวของคาร์บอนอินทรีย์จะเป็นคาร์บอนอินทรีย์ชนิดเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาซึ่งมาจากจุลินทรีย์ที่อยู่ใต้ดินและอาศัยอยู่ใต้ดินมาเป็นเวลาพันปี (Tippayachan, 2006)

นอกจากนั้น คาร์บอนเข้าสู่ดินโดยพืชสีเขียวดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบในรูปคาร์บอนต่างๆ เช่น เซลลูโลส และลิกนิน เป็นต้น จากนั้นคาร์บอนในพืชจะเข้าสู่แหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยเศษซากพืช รากพืช และสารที่ซึมออกมาจากรากพืช หรือย่อยสลายโดยสัตว์ต่างๆ สารที่ได้จากการที่สัตว์ย่อยสลายขนาดของเศษซากพืชที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ส่วนมากจะเกิดขึ้นใกล้กับผิวดิน ดังนั้น คาร์บอนจึงมีการสะสมในดินได้ง่ายและจะสูญเสียได้ง่ายเช่นเดียวกัน ถ้าเกิดการกัดกร่อนดินหรือมีการไถพรวนอย่างรุนแรงเพิ่มขึ้น ในบางครั้งคาร์บอนและธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Essential elements) ได้กลายเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน รวมถึงแบคทีเรีย เชื้อรา และสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน (เอกอนงค์, 2552)

2.5 วัฏจักรคาร์บอน

วัฏจักรของคาร์บอน มีองค์ประกอบอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน คือ 1. ส่วนอากาศ 2. ส่วนมหาสมุทร 3. ส่วนระบบนิเวศวิทยาพื้นพิภพ ซึ่งปริมาณการหมุนเวียนของคาร์บอนโดยมีการแลกเปลี่ยนระหว่างการเก็บกักและการปลดปล่อย โดยมีการแลกเปลี่ยนระหว่างการเก็บกักและการปลดปล่อย มีความแตกต่างกันมากขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละเวลาตั้งแต่รายวันถึงรายปี และหลาย ๆ ปี สัดส่วนของปริมาณคาร์บอนในโลกที่มีอยู่ในส่วนของมหาสมุทรมีถึง 28,000 Pg C ซึ่งอยู่ในรูปฟอสซิลคาร์บอนถึง 3,500 Pg C นอกจากนี้ คาร์บอนถูกกักเก็บในต้นไม้และดินมี 2,300 Pg C โดยที่อยู่ในชั้นบรรยากาศโลกประมาณ 750 Pg C (Sarmiento and Gruber, 2002) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา พบว่ามีการปลดปล่อยคาร์บอนจากพลังงานฟอสซิลประมาณ 5.4 Pg C ต่อปี (ภาพที่1) และจากการศึกษาของ (Hougton, 1999) พบว่ามีการปลดปล่อย C จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ดินประมาณ 1.7 Pg C ต่อปี ในขณะที่มีการเก็บกักคาร์บอนลงสู่พื้นดินในระบบนิเวศน์ต่างๆ ประมาณ 1.9 Pg C ต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนภาคพื้นดินของระบบนิเวศน์สามารถเก็บคาร์บอนได้ประมาณ 0.2 Pg C ต่อปี



ภาพที่ 1 การหมุนเวียนและปริมาณการเก็บกักของคาร์บอนในแหล่งต่างๆของโลก (Pg = 10^{15}g) สัญลักษณ์ลูกศร แสดงอัตราการหมุนเวียนของคาร์บอน (Pg C/yr) ระหว่างบรรยากาศและแหล่งเก็บกักในภาคพื้นดินหลัก 2 แห่ง ประกอบไปด้วยที่ดินและมหาสมุทร (Sarmiento and Gruber, 2002).

2.6 สมดุลคาร์บอนในดิน

สมดุลคาร์บอน หมายถึงสภาวะที่คาร์บอนในระบบมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารขาเข้า (Carbon input) และสารขาออก (Carbon output) ในปริมาณคงที่ หรืออยู่ในระดับที่ไม่ทำให้สมดุลเดิมของ

คาร์บอนในระบบเปลี่ยนแปลง แหล่งที่มาของคาร์บอนในดินส่วนใหญ่มาจากเศษซากพืชและสัตว์ รวมถึงการหมุนเวียนของรากพืช สารอินทรีย์ที่พืชปลดปล่อยออกมาทางราก (Root exudation) และเซลล์ของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงสมดุลคาร์บอนในระบบเกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการหลักที่สำคัญ คือ การสังเคราะห์แสง และการหายใจ

สาพิศ และคณะ (2548) ศึกษาสมดุลคาร์บอนในระบบนิเวศของป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มแม่น้ำกลอง โดยการเปรียบเทียบศักยภาพในการเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน (Carbon sinks) ในรูปของผลผลิตคาร์บอนสุทธิ (Net ecosystem product; NEP) พบว่าป่าดิบแล้งสะแกราชมีศักยภาพในการเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนมากกว่าป่าเบญจพรรณลุ่มแม่น้ำกลอง โดยมีค่าผลผลิตคาร์บอนสุทธิเท่ากับ 5.66 และ 0.73 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 1.54 และ 0.20 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ

Matsumoto et al. (2008) ศึกษาสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในจังหวัดขอนแก่น ในระบบที่มีการจัดการดินที่แตกต่างกันในช่วงเวลาสั้นๆ 1-3 ปี พบว่าปริมาณคาร์บอนสะสมในดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 16.0 Mg C ha^{-1} yr^{-1} เป็น 17.1 สำหรับช่วงเวลาศึกษาในปีที่ 1 และปีที่ 3 คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ + 0.1 Mg C ha^{-1} yr^{-1} ในพื้นที่ซึ่งมีการปลูกพืชตามแบบวิธีดั้งเดิม

2.7 การกักเก็บคาร์บอน

มีผู้ให้นิยามการศึกษาด้านการกักเก็บคาร์บอน (Carbon sequestration) ไว้หลายความหมาย เช่น อรรถชัย (2547) กล่าวถึงการกักเก็บคาร์บอนไว้ว่า หมายถึงการดึงคาร์บอนออกจากชั้นบรรยากาศอย่างถาวร หรือกึ่งถาวร

Ecological Society of America (2007) กล่าวถึงการกักเก็บคาร์บอน หมายถึงการสะสมคาร์บอนเป็นระยะเวลานานในมหาสมุทร ดิน พืชพรรณ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในป่าไม้) และทางธรณีวิทยา ถึงแม้ว่ามหาสมุทรจะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มากที่สุดในโลก แต่ในดินก็สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ร้อยละ 75 ของระบบนิเวศพื้นดิน ซึ่งมีจำนวน 3 เท่าหรือมากกว่านั้นโดยเป็นคาร์บอนที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตพืชและสัตว์ ดังนั้นดินจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยรักษาสมดุลของวัฏจักรคาร์บอนโลก

United State Department of Energy (2007) กล่าวถึงการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง การกักเก็บคาร์บอนเป็นระยะเวลายาวนานในระบบนิเวศบนบก ใต้ดิน หรือมหาสมุทร ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซเรือนกระจก ทำให้มีการปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศได้ช้าลงหรือลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศลง หรือหมายถึงการจับยึดและการกักเก็บคาร์บอนเนื่องจากมีคาร์บอนปลดปล่อยหรือหลงเหลืออยู่ในชั้นบรรยากาศ ได้แก่ การกักเก็บคาร์บอนที่ปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมของมนุษย์กลับสู่แหล่งที่สะสมคาร์บอน การเคลื่อนย้ายคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศกลับสู่แหล่งที่สะสมคาร์บอน

Soil Science Society of America (2009) กล่าวถึงการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง การสะสมคาร์บอนในรูปที่เป็นของแข็งที่มีความเสถียร โดยผ่านทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ การกักเก็บคาร์บอนทางตรงเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาของอนินทรีย์เคมี ซึ่งเป็นผันกลับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เช่น แคลเซียมคาร์บอนเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต การกักเก็บคาร์บอนทางตรงอีกทางเกิดขึ้นโดยการสังเคราะห์แสงของพืชโดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่มวลชีวภาพ ดังนั้น มวลชีวภาพของพืชจะเป็นการกักเก็บคาร์บอนทางอ้อมของคาร์บอนอินทรีย์ โดยผ่านกระบวนการย่อยสลาย ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในแต่ละพื้นที่สะท้อนถึงความสมดุลในระยะยาวระหว่างกลไกการดูดซับ และการปลดปล่อยคาร์บอนในทางเกษตรกรรม ป่าไม้ และการปฏิบัติเชิงอนุรักษ์รวมถึงการจัดการดินที่ดีจะนำไปสู่การตรึงคาร์บอนในดินที่ดีเช่นเดียวกัน

2.7.1 การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การเกษตร

การจัดการทางการเกษตรส่งผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ซึ่งพื้นที่เกษตรส่วนใหญ่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนได้เป็นอย่างดี และมีศักยภาพในการกักเก็บได้ในปริมาณที่สูง ถ้ามีเทคโนโลยีและการจัดการที่เหมาะสม ปัจจุบันแนวคิดเรื่องการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน (Sustainable agricultural development) ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางทางการเกษตร ดังนั้น การจัดการเกี่ยวกับคาร์บอนในดิน ไม่ว่าจะเป็นการใส่ปุ๋ยหมัก การปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อปรับปรุงดิน รวมทั้งมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ล้วนเป็นการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน (คณะทรัพยากรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, 2545)

Eaimpraphan (2007) ศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวนาสวนในชุดดินรังสิต เขตชลประทาน บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง พบว่า ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยทั้งหมดตลอดฤดูกาลเพาะปลูกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่า 9,282.38 และ 9,067.01 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ โดยข้าวทั้งสองพันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยผสมไนโตรเจนดีที่สุดที่อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือ 9,505.61 และ 9,271.53 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุดในระยะตั้งท้องซึ่งมีค่า 38.38 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุดในระยะแตกกอ ซึ่งมีค่า 32.64 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน

Hongbin, et al. (2006) ศึกษาการปลูกพืชหมุนเวียนระหว่างข้าวโพด และถั่วเหลืองเป็นระยะเวลา 26 ปี โดยใช้ปุ๋ยคอกพบว่า มีผลต่อคาร์บอนอินทรีย์ในดินและมีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินชั้นไถพรวนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนทดลอง ส่วนการใช้ปุ๋ยหมัก พบว่าสามารถเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ในดินอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนทดลองเช่นเดียวกัน และการใช้ปุ๋ยผสมหรือปุ๋ยอนินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหมักจะส่งผลถึงการปรับปรุงดินได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์เพียงอย่างเดียว การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ แต่จะไม่เพิ่มขึ้นในระยะยาว นอกจากนั้น ผล

ของการใช้ปุ๋ยเป็นระยะเวลา 26 ปี ยังพบว่าทำให้คาร์บอนอินทรีย์ในแต่ละชั้นดินเพิ่มขึ้น และมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินลดลง ตามความลึกของดินอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Matsumoto et al. (2002) ศึกษาการสะสมคาร์บอนในดินในพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดโดยมีพื้นที่ที่มีการไถพรวนแบบดั้งเดิม พื้นที่ที่มีการมูลวัวจำนวน 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และพื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวน มีปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินเท่ากับ + 256, + 912 และ + 736 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวหน้าดินในช่วงเวลาเดียวกันนี้เท่ากับ 1904 กิโลกรัมต่อไร่ 1680 กิโลกรัมต่อไร่ และ 1504 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543

Kongrattanachok (2005) ได้ศึกษาปริมาณการสะสมคาร์บอนในมันสำปะหลังบริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง เพื่อประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลัง ทั้งส่วนเหนือดิน บนผิวดินและใต้ดิน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับคุณสมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร พบว่าในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณสะสมคาร์บอนทั้งสิ้น 8,368.49 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งประกอบด้วยการสะสมคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง พืชผิวดินและในดิน 9,59.97, 153.88 และ 7,254.64 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ตั้งแต่ระยะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวในไร่มันสำปะหลังมีการสะสมคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น 1,631.12 กิโลกรัมต่อไร่

2.7.2 การกักเก็บคาร์บอนในดิน

การกักเก็บคาร์บอนในดินเป็นมาตรการอย่างหนึ่งในการลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยการเคลื่อนที่ของคาร์บอน อัตราการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนจากอากาศไปสู่ดิน ซึ่งทำให้คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น และลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากดินกลับสู่ชั้นบรรยากาศ นอกจากนั้น การเคลื่อนย้ายคาร์บอนจากแหล่งที่ปลดปล่อยคาร์บอน (Carbon emissions) ไปยังแหล่งดูดซับคาร์บอน (Carbon absorptions) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จะมีศักยภาพในการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United State Geological Survey, 2006) ในขณะเดียวกัน การกักเก็บคาร์บอนสามารถนำไปสู่การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเพิ่มขึ้นของผลผลิต ซึ่งจะช่วยประชากรท้องถิ่นทางด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและสังคม (อรรถชัย, 2547)

คาร์บอนเข้าสู่ดินทางรากพืช จากซากพืช เศษวัสดุทางการเกษตร และมูลสัตว์ ซึ่งเป็นการสะสมขั้นต้นของอินทรียวัตถุในดิน และการสะสมคาร์บอนสูงสุดที่ใกล้ผิวหน้าดิน ส่วนใหญ่อินทรียวัตถุที่ถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็ว จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ คาร์บอนบางส่วนยังคงอยู่เฉพาะในชั้นดินที่อยู่ในระดับลึกลงไป (อรรถชัย, 2547)

Chidthaisong et al. (2004) ศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิในดินเขตร้อน ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน พบว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติมีปริมาณการสะสม

คาร์บอนสูงสุด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่เกษตรกรรม ตามลำดับ และพบว่าทุกพื้นที่จะมีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนมากที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

คาร์บอนในดินแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ คาร์บอนอนินทรีย์ และคาร์บอนอินทรีย์ โดยคาร์บอนอนินทรีย์ส่วนมากจะพบในรูปของคาร์บอเนต (CO_3) และมักพบในพื้นที่ที่มีฝนตกน้อย สำหรับคาร์บอนอินทรีย์จะพบอยู่ในรูปของอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีค่าเป็น 1.724 เท่าของคาร์บอนอินทรีย์ (Tippayachan, 2006)

2.7.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มคาร์บอนในดิน

ปริมาณคาร์บอนสะสมสุทธิในดินเกิดจากการเพิ่มปริมาณพืชที่มีคาร์บอน ซึ่งส่งให้ดินในรูปเศษใบไม้ กิ่ง ก้าน และโดยเฉพาะทางรากหรือการลดอัตราการย่อยสลาย วิธีการเพิ่มผลผลิต ซึ่งรวมการคัดเลือกพืช เพาะพันธุ์ ปลูกพืชคลุมดิน การชลประทาน และลดความถี่ของการเตรียมดินโดยไม่ได้เพาะปลูกจริง จะช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่เข้าไปสะสมในดิน นอกจากนี้ การลดมวลชีวภาพที่นำออกจากพื้นที่ เช่น การเผาเป็นการเพิ่มผลผลิตกลับสู่ดิน อัตราการย่อยสลายจะลดลงในพื้นที่ที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการย่อยสลาย โครงสร้างของดินควบคุมสิ่งมีชีวิตมีผลมากต่อการย่อยสลาย การไถพรวนมีผลต่อโครงสร้างดิน ต่ออากาศและความชื้นในดิน กิจกรรมการรบกวนอื่นๆ มีผลต่อเนื้อดิน แร่ธาตุ และค่าไฟฟ้า การรักษาความชื้นผิวดิน ลดซากพืชและเพิ่มการปกคลุมผิวดินจะทำให้อุณหภูมิลดลง การเพิ่มการถ่ายเทน้ำในช่วงเวลาพอสมควรในรอบปี จะทำให้ดินมีโอกาสแห้งอย่างทั่วถึง เป็นการลดกิจกรรมของจุลชีพนำไปสู่การสะสมเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอน ระบบนิเวศที่ปรับตัวได้โดยไม่ใช้ออกซิเจนจะลดอัตราการย่อยสลายและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ปล่อยก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น การลดการรบกวนจากการเตรียมพื้นที่ การตัดไม้เป็นการลดอัตราการย่อยสลายในดิน (คณะทรัพยากรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, 2545)

คาร์บอนที่เข้าสู่ดินนั้นส่วนใหญ่มาจากเศษซากพืชที่ร่วงหล่น ปริมาณของเศษซากพืชที่ร่วงหล่นมานั้นแปรผันตามแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต ปัจจัยที่ส่งผลต่อเศษซากพืชที่ร่วงหล่นนั้น ได้แก่ ชนิดของพืช สภาพแวดล้อม การปฏิบัติต่อการปลูกพืชชนิดนั้น และระยะเวลา โดยทั่วไปแล้วในพื้นที่ปกติผลผลิตที่ได้จากการปลูกพืชจะมากกว่าผลผลิตของเศษซากพืชที่ร่วงหล่น ซึ่งสิ่งนี้อาจมีสาเหตุมาจากอายุของพืชที่ปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของพืช (Lichaikul, 2003)

2.7.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของคาร์บอนในดิน

คาร์บอนอินทรีย์ในดินบนมีการเปลี่ยนแปลงจากปริมาณมากแล้วลดน้อยลง หลังจากมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Tippayachan, 2006) ปริมาณคาร์บอนในดินที่ลดลงเกิดจากการปฏิบัติในทางตรงข้ามกับการเพิ่มคาร์บอนในดิน คาร์บอนในดินเกษตรกรรมโดยทั่วไปลดลงประมาณร้อยละ 20 ถึง 50 เมื่อเทียบกับสภาพเดิม เท่าที่ผ่านมาผลผลิตที่ต่ำ การเก็บเกี่ยว การเคลื่อนย้ายซากพืช การเตรียมพื้นที่อย่างเข้มข้นและการเตรียมดินโดยไม่เพาะปลูกเป็นเหตุที่นำไปสู่การลดลงของปริมาณคาร์บอนในดิน ในทำนองเดียวกันการ

จัดการที่ไม่ถูกต้อง เป็นสาเหตุสำคัญของการลดลงของคาร์บอนในดินอย่างถาวรต่อประสิทธิภาพในการผลิต ป่าไม้ ทุ่งหญ้า พื้นที่เกษตรกรรม การระบายน้ำออกจากพื้นที่ชุ่มน้ำแล้วใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูก ทุ่งหญ้าหรือป่าไม้ ทำให้มีการย่อยสลายอย่างรวดเร็วสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนจากดินด้านล่างที่มีคาร์บอนในปริมาณมาก ความเค็มที่เพิ่มขึ้นของดิน ความเป็นกรด การสูญเสียน้ำ ตลอดจนความเสื่อมสภาพอื่นๆ ของดิน มีผลทางลบต่อคาร์บอนในดิน การรบกวนสิ่งคลุมดินโดยมนุษย์ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินโดยลม และน้ำในอัตราที่รวดเร็วกว่าอัตราการเกิดของดิน ซึ่งส่งผลเสียอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการผลิต รวมทั้งคุณภาพน้ำ อากาศ และการพังทลายของดิน ทำให้ดินส่วนที่สมบูรณ์ด้วยสารอินทรีย์ไปอยู่ผิดที่ โดยลดปริมาณคาร์บอนของดินในบางพื้นที่ การพังทลายของดินอาจกระตุ้นการย่อยสลายด้วยสาเหตุจากการแยกส่วน และการส่งสารอินทรีย์เพื่อคุ้มครองผลของการเสื่อมสภาพต่อผลผลิตส่งผลไปถึงสมดุลคาร์บอนในดิน ส่วนที่ชะล้างบางส่วนจะไปอยู่ในพื้นที่ต่ำ และส่วนน้อยจะหลลงสู่ทะเล การถูกฝังในสภาพขาดอากาศอาจลดการย่อยสลายของสารย่อยสลายที่อยู่เป็นการเพิ่มการดูดซับคาร์บอน คาร์บอนที่สูญเสียจากพื้นที่เกษตรเป็นผลจากการชะล้างของดิน การนำดินที่ไถพรวนไปไว้ในที่ไม่เหมาะสม การทำแร่ในอัตราที่รวดเร็ว การควบคุมการชะล้างและพังทลายของดินจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาและเพิ่มปริมาณคาร์บอนในดิน (คณะทรัพยากรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, 2545)

2.8 การไถกลบตอซัง

การเพาะปลูกพืชเกษตรในปัจจุบันมักต้องการให้ได้ผลผลิตมากที่สุด โดยมีการปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง ไม่มีการพักแปลง และเกษตรกรนิยมใช้วิธีการเผาตอซัง เพื่อความรวดเร็วในการเตรียมดินสำหรับการเพาะปลูกพืชในรอบต่อไป แต่ความจริงแล้ววิธีการที่เหมาะสมมากที่สุด คือ การไถกลบตอซัง เนื่องจากเป็นการนำเศษซากพืชหมุนเวียนกลับลงสู่ดิน ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ทำให้ดินฟื้นคืนความอุดมสมบูรณ์ มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก และยังช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีได้อีกด้วย

วัสดุตอซังจากแปลงเกษตรกรรมนั้น เป็นวัสดุอินทรีย์ที่ได้มาจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชที่เพาะปลูก ได้แก่ ตอซังพืชตระกูลข้าวต่างๆ พืชตระกูลถั่ว ฟางข้าว เศษต้นพืชแห้งจากข้าวโพด ข้าวฟ่าง เศษใบอ้อย หรือเศษวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการใช้เครื่องจักรสี เพื่อแยกผลผลิตพวกเมล็ดพืชออกจากส่วนลำต้น ซึ่งจะมีวัสดุเศษพืชเหลือค้างอยู่ในพื้นที่ของเกษตรกร ได้แก่ เปลือกพืชตระกูลถั่วต่างๆ และเศษพืชของข้าวฟ่าง เป็นต้น จากการสำรวจชนิดและปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในแต่ละปีจะพบว่ามีปริมาณมากกว่า 29 ล้านตันต่อปี ตอซังข้าวเป็นวัสดุเศษพืชที่มีปริมาณมากที่สุดถึง 16.9 ล้านตัน รองลงมาเป็นวัสดุตอซังข้าวโพด เศษใบอ้อย ตอซังพืชตระกูลถั่วและตอซังข้าวฟ่างมีจำนวน 7.8, 2, 1.5 และ 0.9 ล้านตัน ตามลำดับ การไถกลบตอซัง 1 ตัน เมื่อสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารหลักแก่พืชหลักประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นปริมาณ 9.9, 2.6 และ 20.3 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้น วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรจำนวน 29 ล้านตัน จะให้ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็น

ปริมาณถึง 2.8, 0.7 และ 5.9 แสนตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่าของปุ๋ยสูงถึง 1,930.2, 741.4 และ 4,371.4 ล้านบาท ตามลำดับ รวมเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 7,043 ล้านบาท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

2.9 พลวัตรของคาร์บอนในดิน

คาร์บอนในดินมีปริมาณมากกว่าคาร์บอนในพืชประมาณ 5 เท่า และเป็นสัดส่วนที่มากขึ้นในพื้นที่ทุ่งหญ้าและพื้นที่ชุ่มน้ำ พลวัตรของคาร์บอนในดินมีความสำคัญต่อสมดุลคาร์บอน (Carbon budgets) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในพืช ตามมาตรา 3.4 ของพิธีสารเกียวโต กล่าวถึงดินในพื้นที่เกษตรไว้ว่า คาร์บอนจะเข้าสู่ระบบนิเวศโดยการสะสมของมวลชีวภาพเหนือดิน แต่คาร์บอนเกินครึ่งหนึ่งผ่านลงใต้ดินทางราก โดยการดึงดูดของสารอินทรีย์จากราก และส่วนที่ร่วงหล่นของต้นไม้ไปอยู่ในดิน ดินจึงเป็นส่วนสะสมที่สำคัญของปริมาณคาร์บอนในระบบนิเวศ ซึ่งปริมาณคาร์บอนในดินจะเข้าสู่สมดุล และเมื่ออัตราสะสมและอัตราการย่อยสลายเปลี่ยน ปริมาณคาร์บอนในดินก็จะเปลี่ยน ส่วนระบบนิเวศในพื้นที่เกษตรกรรม ปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นอยู่ในรูปของอินทรียวัตถุของพืชใต้ดิน และดิน ในระบบนิเวศนี้มีอัตราการดูดซับคาร์บอนประจำปีเป็นจำนวนมาก ซึ่งปริมาณคาร์บอนเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในรูปของผลผลิตการเกษตร วัสดุเหลือใช้ และจะถูกปล่อยออกไปสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็วเมื่อมีการเก็บเกี่ยว ถึงแม้ว่าจะถูกดูดซับกลับมาใหม่ในระหว่างฤดูกาลการเพาะปลูกต่อมา ดินในพื้นที่การเกษตรจำนวนมากเป็นแหล่งสะสมคาร์บอน ในปัจจุบันการทำเกษตรกรรมแบบไม่มีการไถพรวนดินได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากเป็นมาตรการในการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน (คณะทรัพยากรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, 2545)

พลวัตรของคาร์บอนในดินภายใต้ระบบนิเวศขึ้นอยู่กับความสมดุลของการใช้คาร์บอน โดยการสังเคราะห์แสงและการใช้ของอินทรียวัตถุ และการสูญเสียคาร์บอนจากพืช สัตว์ และการย่อยสลาย การเผาไหม้ การเก็บเกี่ยว และการสูญเสียอื่นๆ ส่วนมากการใช้ระบบนิเวศโดยมนุษย์มักนำไปสู่การลดลงของปริมาณคาร์บอนเมื่อเทียบกับระบบที่ถูกรบกวนน้อย ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนทุ่งหญ้าและป่าไม้ไปทำการเกษตร มักทำให้สูญเสียคาร์บอนที่สะสมบนดินและใต้ดิน ช่วยเร่งการคายน้ำเมื่อเทียบกับการสังเคราะห์แสง เป็นผลให้ปริมาณคาร์บอนที่สะสมลดลงจนอัตราการใช้และสูญเสียคาร์บอนกลับมาเท่ากัน ในทางตรงกันข้าม การเปลี่ยนแปลงการจัดการที่ก่อให้เกิดการใช้มากกว่าการสูญเสียจะทำให้ปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอัตราการสูญเสียเท่ากับอัตราการใช้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนเทียบกับที่ควรจะเพิ่มสามารถทำได้โดยปรับเปลี่ยนการจัดการหรือสภาพแวดล้อมซึ่งมี 2 วิธีใหญ่ในการเพิ่มปริมาณคาร์บอนคือ

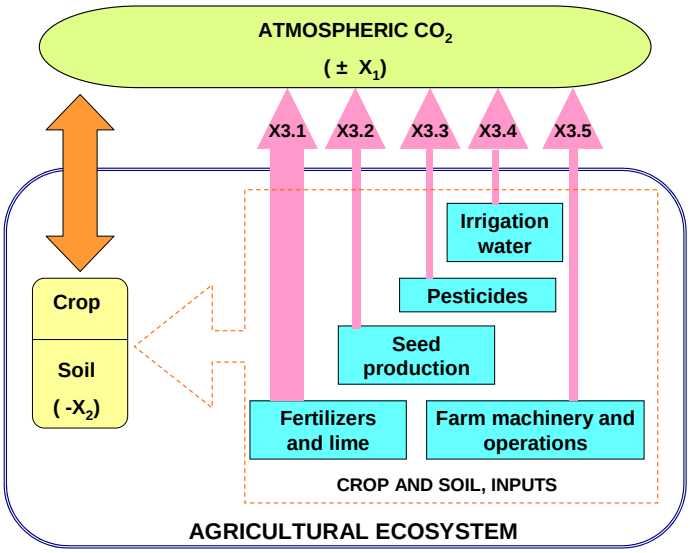
1) การเปลี่ยนการใช้ที่ดินไปสู่การใช้ที่ดินที่มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าโดยทั่วไป เช่น การเปลี่ยนสิ่งปกคลุมดิน เช่น การเปลี่ยนพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นทุ่งหญ้า เป็นต้น

2) เปลี่ยนการจัดการในพื้นที่โดยไม่เปลี่ยนสิ่งปกคลุมดิน เช่น การนำพันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงขึ้นไปปลูกในทุ่งหญ้า ลดการไถพรวนในพื้นที่การเกษตร การฟื้นฟูป่าไม้ เป็นต้น

การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนอินทรีย์ในดินทำให้เกิดประโยชน์ 2 ประการ คือ การยกระดับคุณสมบัติของดิน และด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพของดิน การเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช และคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น โครงสร้างของดิน ความลึกที่รากสามารถไชชอนลงไปในดินได้ การซึมซาบของน้ำและปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันดินก็จะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกไปสู่บรรยากาศโดยผ่านขั้นตอนต่างๆ เช่น การทำเกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น (Tippayachan, 2006) นอกจากนั้น แล้วเมื่อมีการจัดการซากพืช และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะสูงและคงที่ เนื่องจากเกิดภาวะสมดุลระหว่างการสูญเสียคาร์บอน ในรูป CO_2 กับที่ได้รับกลับคืนจากการไถกลบซากพืชและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ยงยุทธ, 2551)

2.10 การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน

West และ Marland (2002) ได้ประเมินอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิจากพืชสามชนิด คือ ข้าวโพด ถั่วเหลืองและข้าวสาลีในฤดูหนาว จากการเพาะปลูก 3 รูปแบบ โดยใช้รูปแบบจำลองของวัฏจักรคาร์บอน ซึ่งในวัฏจักรคาร์บอนประกอบด้วยการประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนจากปัจจัยทางการเกษตรต่าง ๆ ได้แก่ การใส่ปุ๋ย การชลประทาน และอื่นๆ นอกจากนี้ ยังศึกษากับการกักเก็บคาร์บอน ผลที่ได้คือ อัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิต่อเวลา จากการศึกษาค่าเฉลี่ยการใช้ปัจจัยทางการเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าการไม่ไถพรวนมีค่าปลดปล่อยสุทธิของคาร์บอน 137 kg C ha^{-1} ซึ่งน้อยกว่าการไถพรวนของเกษตรกรทั่วไป คือ 168 kg C ha^{-1} ในระยะ 1 ปี ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงจากการไถพรวนจะช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนและลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ อันเนื่องมาจากลดการใช้เชื้อเพลิงและจากปัจจัยการผลิตพืช อย่างไรก็ตาม การประเมินค่าอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ จะเป็นไปตามชนิดพืชที่เพาะปลูกและภูมิอากาศและค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย สามารถนำไปใช้กับปัจจัยการผลิตทางการเกษตรต่างๆได้ ซึ่งจะนำไปใช้ในการประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิโดยมีเงื่อนไขเดียวกันได้ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 รูปแบบจำลองของวัฏจักรคาร์บอน (Net carbon flux model) (West and Marland, 2002)

อนึ่ง ในกิจกรรมภาคการเกษตร คาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยโดย 4 ช่องทางคือ

1) การสลายตัวของเศษพืชและคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของการไถพรวน

2) กระบวนการผลิตและการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

3) การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลทางการเกษตร และ

4) การผาไหม้หรือการหายใจของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสง

การลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน สามารถดำเนินการได้จากการเปลี่ยนแปลงวิธีการไถพรวน การเก็บกักคาร์บอนในทางเกษตร สามารถทำได้จากการลดการชะล้างพังทลายของดิน การเพิ่มคันดินและเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน สิ่งต่างๆ เหล่านี้สามารถเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยเป้าหมายในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ สามารถแสดงให้เห็นได้จากอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในบรรยากาศ ผลการประเมินแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยในระบบนิเวศวิทยาจากการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เช่น การชลประทาน การใส่ปุ๋ย และการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

การกักเก็บคาร์บอนและปลดปล่อยคาร์บอน สามารถคาดคะเนได้จากการหมุนเวียนคาร์บอนทั้งหมดในระบบ Odum (1983) ซึ่งการวิเคราะห์ในระบบนิเวศวิทยา ต้องกำหนดขอบเขตที่แน่ชัด เพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเริ่มต้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกสู่บรรยากาศจะแสดงเป็นค่าบวก และจะเป็นค่าลบ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรยากาศ สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่เก็บสะสมและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดย Intergovernmental Panel on Climate Change (Watson et al., 2000)

2.11 ข้าวโพด

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2547 กล่าวถึง ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด ดังนี้

1) ราก ข้าวโพดมีระบบรากแบบรากฝอย (Fibrous root system) ซึ่งเจริญมาจาก 2 ส่วน คือรากที่เจริญมาจากคัพภะ เรียกว่า Primary root หรือ First seedling root เป็นรากที่มีการพัฒนามาจากเรดิเคิล และมีรากแขนงแตกออกมาเรียกว่า Secondary root หรือ lateral root รากทั้งหมดนี้มีการเจริญเติบโตในระยะเวลาสั้นๆ ขณะข้าวโพดเป็นต้นกล้า และจะตายไปเมื่อข้าวโพดโตขึ้น รากส่วนที่สอง คือรากที่เจริญมาจากลำต้น เรียกว่า Adventitious root มีจุดกำเนิดรากที่ส่วนล่างของลำต้น รากเหล่านี้จะเจริญเติบโตอยู่ตลอดชีวิตของข้าวโพด สามารถแผ่กระจายรอบลำต้นมีรัศมีประมาณ 1 เมตร และหยั่งลึกลงไปในดินได้ 2.1 – 2.4 เมตร

2) ลำต้น (Culm หรือ Stalk) ประกอบด้วยข้อและปล้อง บริเวณข้อมีเนื้อเยื่อเจริญ เป็นจุดกำเนิดราก ตา และรอยกาบใบ มีความสูงตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 7.5 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 2.5 – 5.0 เซนติเมตร

3. ใบ ประกอบด้วย กาบใบ และแผ่นใบ กาบใบจะหุ้มลำต้น ส่วนแผ่นใบแผ่กางออก มีเส้นกลางใบเรียกว่า mid rib ข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนต่อโรคและแมลง มีอัตราการปลูกสูง มักจะมีลักษณะใบตั้ง แผ่นใบด้านบนมีขนเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแสง ส่วนแผ่นใบด้านล่างจะเรียบ และมีปากใบจำนวนมาก

4. ดอก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) กล่าวถึงดอกข้าวโพดมีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมีย อยู่แยกกัน แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (Monoecious plants) ดอกตัวผู้รวมกันอยู่เป็นช่อ เรียกว่าช่อดอกตัวผู้ (Tassel) และอยู่ตอนบนสุดของต้น เกษตรกรมักจะเรียก “ดอกหัว” ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีเกสร (Anther) 3 อับ แต่ละอับยาวประมาณ 6 มิลลิเมตร และมีละอองเกสร (Pollen grain) ประมาณอับล่ะ 2,500 เกสร ช่อดอกตัวผู้ของข้าวโพดธรรมดา 1 ต้น อาจจะผลิตเกสรได้ถึง 25,000,000 เกสร หรือเฉลี่ยแล้วมีละอองเกสรมากกว่า 25,000 เกสร ที่จะไปผสมเมล็ดบนฝักซึ่งมีเมล็ดประมาณ 800 – 1,000 เมล็ด การสลัดละอองเกสรจะเกิดขึ้นก่อนการออกไหม 1 - 3 วัน บนข้าวโพดต้นเดียวกัน การบานของดอกตัวผู้จะบานติดต่อกันหลายวัน

ส่วนดอกตัวเมียนั้น อยู่รวมกันเป็นช่อหรือฝักที่ข้อกลางๆ ลำต้น ดอกตัวเมียแต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่ และเส้นไหม้ (Silk หรือ Style) ซึ่งมีความยาวประมาณ 5 – 15 เซนติเมตร และยื่นปลายโผล่ออกไปรวมกันเป็นกระจุกอยู่ตรงปลายช่อ ซึ่งมีเปลือกหุ้มอยู่พร้อมที่จะผสมพันธุ์ทันทีที่งอกพ้นเปลือก เส้นไหมมีลักษณะเป็นยางเหนียวๆ สำหรับคอยรับละอองเกสรตัวผู้ที่ปลิวมาสัมผัสเพื่อเข้าผสมกับไข่ และจับละอองเกสรได้ตลอดความยาวของเส้นไหม เมื่อรังไข่ได้รับการผสมเกสร รังไข่ก็จะเติบโตเป็นเมล็ด ช่อ

ดอกตัวเมียที่ได้รับการผสมแล้วนี้ เรียกว่าฝัก (Ear) ข้าวโพดต้นหนึ่งอาจมีมากกว่า 1 ฝักขึ้นไป และฝักหนึ่งอาจมีมากถึง 1,000 เมล็ด หรือมากกว่านั้น แกนกลางของฝักเรียกว่าซัง (Cob)

5. ผลและเมล็ด ผลเป็นแบบ Caryopsis ที่มีเยื่อหุ้มผล (Pericarp) ติดอยู่กับส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ ไม่มีสี เยื่อหุ้มผลและเยื่อหุ้มเมล็ดรวมเรียกว่า hull ข้าวโพดจะสะสมแป้งไว้ในส่วนของเอนโดสเปริ์ม การสะสมแป้งจะสิ้นสุดเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดข้าวโพด
2. ปุ๋ย วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่
    - 2.1 ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง คือ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8
    - 2.2 สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช
3. เครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็น ได้แก่
    - 3.1 รถไถเตรียมดิน
    - 3.2 เครื่องพ่นยา
    - 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
    - 3.4 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Closed static chamber)
    - 3.5 เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Portable CO_2 analysis)
    - 3.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

วิธีการ

1. แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก RCBD (Randomized Complete Block Design) แบ่งแปลงขนาด 4.5 x 6 เมตร ประกอบด้วย 3 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำสำหรับการปลูกข้าวโพด

ตำรับการทดลองที่ 1 ควบคุม (ถอนตอซัง)

ตำรับการทดลองที่ 2 ไถกลบตอซัง

ตำรับการทดลองที่ 3 เผาตอซัง

ความหมายของตำรับ

ตำรับที่ 1 คือตำรับที่นำตอซัง รวมทั้งรากออกจากแปลงทดลอง

ตำรับที่ 2 คือไถกลบตอซังข้าวโพดหลังจากเก็บเกี่ยว

ตำรับที่ 3 คือเผาตอซังข้าวโพดหลังจากเก็บเกี่ยว

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 ข้อมูลดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยสุ่มเก็บในแต่ละแปลงย่อย ได้แก่ ก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว โดยเก็บตัวอย่างดินจากระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี อาทิ pH OM ธาตุอาหารหลักและรอง ตลอดจนทางกายภาพของดิน อาทิ ค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) ความชื้นของดิน เป็นต้น

2.2 ข้อมูลพืช

สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวโพดในแต่ละแปลงย่อย ขนาดพื้นที่ 3 X 4 เมตร แยกวัดหาน้ำหนักสด ต้น ใบ ราก และฝัก และนำไปอบ เพื่อหาน้ำหนักแห้ง และผลผลิตข้าวโพด ขนาดพื้นที่ 3 x 4 เมตร

2.3 ข้อมูลก๊าซ

สุ่มเก็บตัวอย่างก๊าซในแปลงทดลองทั้งหมด โดย Closed static chamber รูปทรงกระบอก ขนาด 30x 30 เซนติเมตร ตั้งอยู่ที่ผิวดินแปลงย่อยละ 1 จุด ทำการวัดก๊าซ CO_2 ด้วย Portable CO_2 analyzer ทุกเดือน (ภาพที่ 3) โดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมดินถึงช่วงเก็บเกี่ยว และช่วงเวลาหลังไถกลบตอซังซึ่งจะทำการวัดทุก 15 วันอีก 6 ครั้ง (3 เดือน) ผลที่ได้คำนวณอยู่ในรูป Net Carbon budget

3. เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ : เริ่มต้น เดือนมกราคม 2551 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2553

สถานที่ดำเนินการ : ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน ตำบลปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จุดพิกัด 47760174 (WGS84) 1623897 N และ 47 760516 E (ThaiUTM) 1623586 N เหนือระดับน้ำทะเล 322 เมตร กลุ่มชุดดินที่ 29 ชุดดินวังสะพุง (Wang Saphung low base saturation,deep : Ws-lb-deep to bed rock)

ภาพที่ 3 การวัดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2จากดินโดย Portable CO_2 analyzer จาก Closed static chamber ในแปลงทดลอง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลดิน (Soil information)

โครงการวิจัยนี้ มีการดำเนินการ จำนวน 3 แห่ง คือ พื้นที่จังหวัดชลบุรี ลพบุรีและนครราชสีมา แต่ผู้เขียนรับผิดชอบดำเนินการดำเนินการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ท้องที่จังหวัดนครราชสีมา อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาลักษณะดินเพื่อทำ Profile description สามารถสรุปได้แสดงไว้ตามตารางที่ 1 และภาพที่ 4 ประกอบด้วย

1) สถานีพัฒนาที่ดิน จังหวัดชลบุรี: ชุดดินเขาพองที่มีธาตุเป็นด่างสูง และเป็นดินทราย มีเนื้อดินบนเป็นทรายปนดินร่วน มีความลาดชัน 2-5 % เป็นดินลึก (Kpg: Khao Phong high base saturation, Sandy, 2-5% slopes, deep) สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน เป็น Sandy, Siliceous, Semiactive, Isohyperthermic: Lamellic Paleustults จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 44

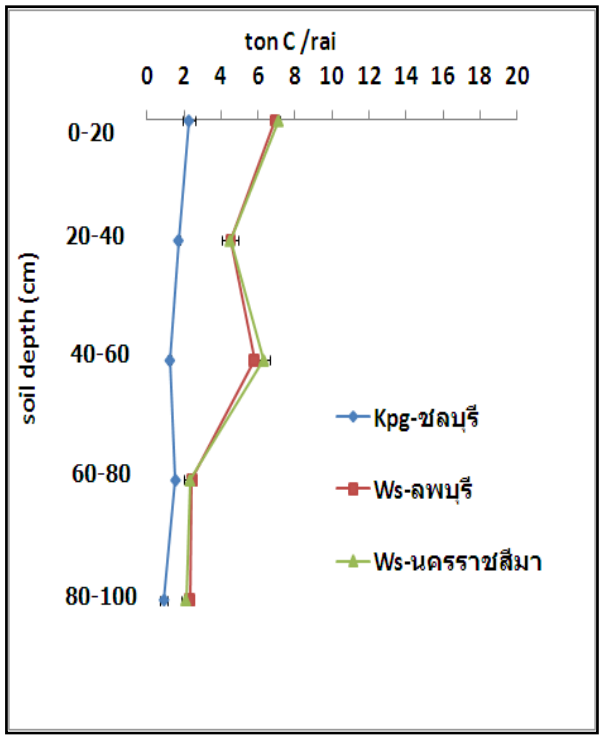
2) แปลงเกษตรกรเขตพัฒนาที่ดิน จังหวัดลพบุรี : ชุดดินวังสะพุง มีเนื้อดินบนเป็นดินเหนียว มีความลาดชัน 2-5% เป็นดินลึก (Ws: Wang Saphung clay, 2-5 % slopes, deep) สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน เป็น Fine, Mixed, Active, Isohyperthermic: Typic Haplustalfs จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31

3) ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา: ชุดดินวังสะพุง มีลักษณสมบัติเป็นด่างต่ำ มีเนื้อดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง มีความลาดชัน 2-5 % เป็นดินลึก (Ws-lb: Wang Saphung

low base saturation, silty clay, 2-5 % slopes, deep) สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Fine mixed, Isohyperthermic: Kandic Paleustults จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29

ภาพที่ 4 หน้าตัดดินของพื้นที่ดำเนินการทดลองปลูกข้าวโพด

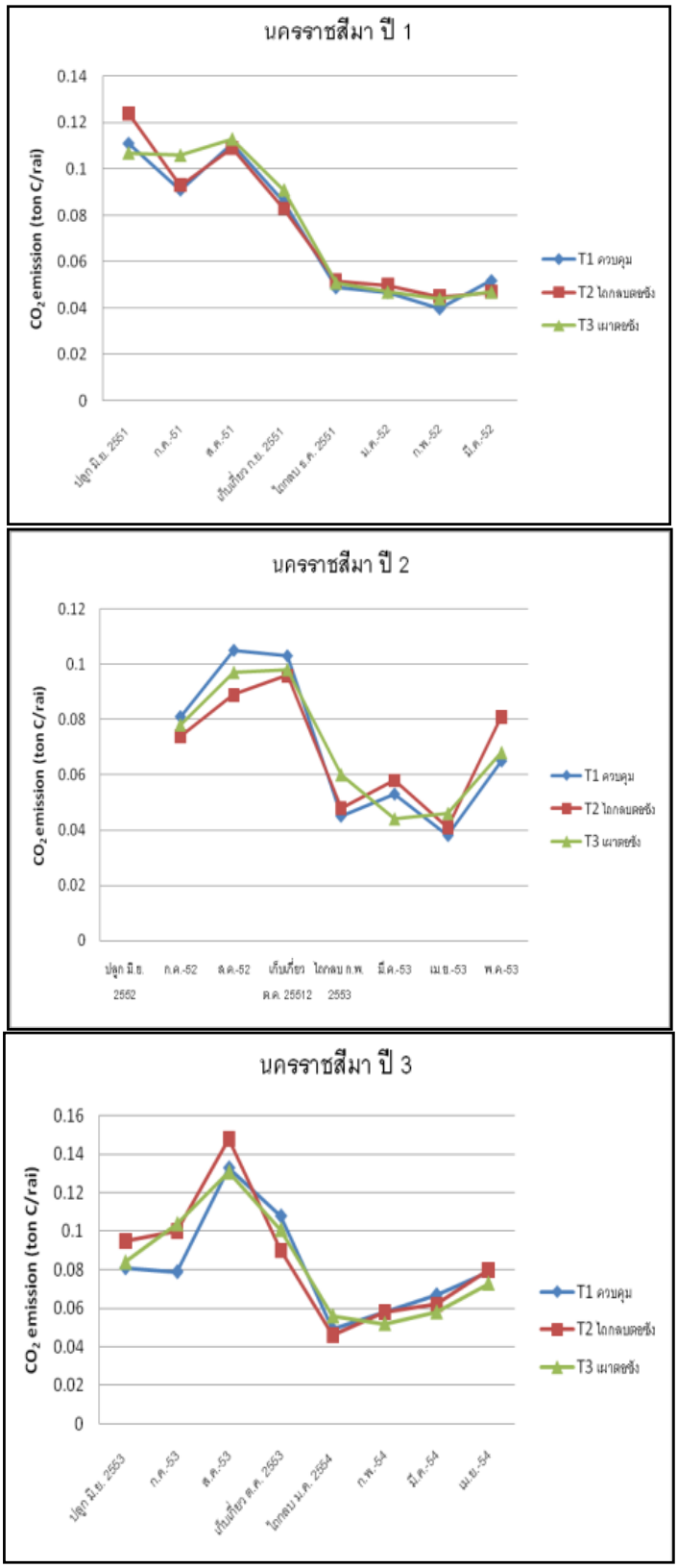
สำหรับลักษณะของดินทั้ง 3 แห่งสามารถนำมาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนที่เก็บในดิน (Soil carbon stock) โดยทั่วไปก่อนการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 5



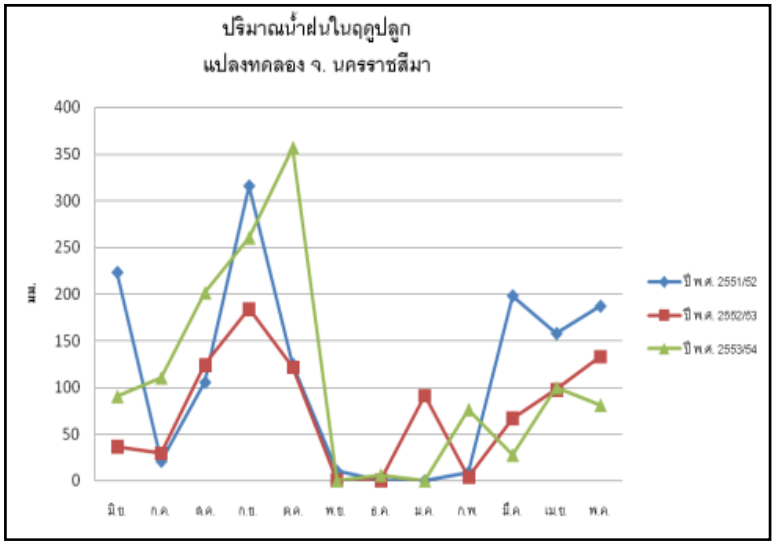
ภาพที่ 5 ปริมาณคาร์บอนที่เก็บอยู่ในดิน (Soil C stock) ตลอดความลึก 1 เมตร ในแปลงทดลองจังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และจังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)

2. การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (CO_2 emissions from soil)

จากภาพที่ 6 แสดงค่าปริมาณการปลดปล่อย CO_2 จากดินในแต่ละตำรับการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่เริ่มปลูกในเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 120 วัน หลังจากนั้น จะมีการพักดินประมาณ 1-2 เดือน และจะทำการไถกลบตอซัง ซึ่งการทดลองได้ทำการวัดอัตราการปลดปล่อย CO_2 จากดินโดยเปรียบเทียบในวิธีการที่ต่างกันในแต่ละตำรับการทดลองเป็นเวลา 8 เดือน ทำการทดลอง 3 ปี ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการปลดปล่อย CO_2 จากดินในพื้นที่ทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีการปลดปล่อยจากดินตลอดทั้งฤดูปลูก เฉลี่ย 3 ปี 0.550, 0.558 และ 0.557 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ตำรับไถกลบตอซัง มีแนวโน้มค่าการปลดปล่อย CO_2 สูงกว่าตำรับอื่นๆ ตามตารางที่ 2 อนึ่ง จากการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนทั้ง 3 ปีด้วย แสดงดังภาพที่ 7 จะพบว่า ปริมาณการปลดปล่อย CO_2 จากดินในพื้นที่ทดลองจะมีค่าสูงในช่วงฤดูฝน ดังนั้น การศึกษาอย่างละเอียดเพิ่มขึ้น เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยอื่นๆ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดินกับการปลดปล่อย CO_2 จากดินจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ



ภาพที่ 6 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และเผาตอซัง ของจังหวัดนครราชสีมาในฤดูปลูกปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำฝนรายเดือน ตามฤดูเพาะปลูก 3 ปี ของจังหวัดนครราชสีมา (มิลลิเมตร)

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของดิน ก่อนดำเนินการ และสิ้นสุดการทดลองในแปลงจังหวัดนครราชสีมา

ตำรับ	ช่วงเวลาทำการวิจัย	OM (%)	P (มก. /กก.)	K (มก. /กก.)	pH
ควบคุม	ก่อนการทดลอง	2.10ปก	6 คต	533 สม	5.4
	สิ้นสุดการทดลอง	2.20ปก	6 คต	529 สม	5.4
ไถกลบตอซัง	ก่อนการทดลอง	2.21ปก	5 คต	499 สม	5.8
	สิ้นสุดการทดลอง	2.27ปก	6 คต	519 สม	5.6
เผาตอซัง	ก่อนการทดลอง	2.16ปก	6 คต	535 สม	5.6
	สิ้นสุดการทดลอง	2.10ปก	7 คต	533 สม	5.8

หมายเหตุ : ตม= ต่ำมาก, คต =ค่อนข้างต่ำ, ต= ต่ำ, ปก = ปานกลาง, ส = สูง, สม = สูงมาก

ตารางที่ 2 ปริมาณรวมและค่าเฉลี่ย 3 ปี ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ตันคาร์บอนต่อไร่) จากแปลงทดลองจังหวัดนครราชสีมา (± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในวงเล็บ)

ตำรับ	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนต่อไร่)									
	การทดลองปีที่ 1			การทดลองปีที่ 2			การทดลองปีที่ 3			เฉลี่ย 3ปี
	ก่อนจัดการตอซัง	หลังจัดการตอซัง	รวม	ก่อนจัดการตอซัง	หลังจัดการตอซัง	รวม	ก่อนจัดการตอซัง	หลังจัดการตอซัง	รวม	
	มิ.ย.- ก.ย.	ม.ค.- มี.ค.		มิ.ย.- ต.ค.	มี.ค.- พ.ค.		มิ.ย.- ต.ค.	ก.พ.- เม.ย.		
แปลงควบคุม	0.448	0.139	0.587	0.334	0.156	0.490	0.369	0.204	0.573	0.550 (±0.052)
แปลงไถกลบตอซัง	0.461	0.142	0.603	0.307	0.180	0.487	0.384	0.200	0.584	0.558 (±0.062)
แปลงเผาตอซัง	0.468	0.136	0.606	0.333	0.158	0.491	0.392	0.183	0.575	0.557 (±0.060)
F test	ns	ns		ns	ns		ns	ns		Ns

3. สมบัติของดิน (Soil properties)

การศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน โดยการเปรียบเทียบภาพรวมก่อนและหลังการทดลอง พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย สำหรับแปลง จังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี ในขณะที่แปลงจังหวัดนครราชสีมาไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 1) สามารถอธิบายได้ว่าการไถกลบตอซังพืชหรือแม้กระทั่งการจัดการที่ไปรบกวนหน้าดิน มีผลทำให้กิจกรรมของการย่อยสลายของจุลินทรีย์มากขึ้น ทำให้มีการนำคาร์บอนอินทรีย์ ที่มีอยู่ในดินมาใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มากขึ้น และจะมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณของอินทรียสารที่เติมลงไปมีไม่มากพอ จะมีผลต่อการลดลงของอินทรียวัตถุในดินได้ อนึ่ง ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน แสดงให้เห็นว่า วิธีการการไถกลบตอซังอาจจะไม่เพียงพอที่จะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดินให้สูงอย่างเพียงพอต่อดิน ดังนั้นแนวทางที่ควรตระหนักคือ ควรมีการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดิน ซึ่งอัตราและชนิด ได้แนะนำโดยทั่วไปอยู่แล้วประมาณ 1-2 ตันต่อไร่ โดยกรมพัฒนาที่ดิน

4. มวลชีวภาพของข้าวโพด

น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และ ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพด จังหวัดนครราชสีมา แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และผลผลิตเมล็ดของข้าวโพด จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)

ตำรับ	น้ำหนัก.แห้งของมวลชีวภาพ (ตันคาร์บอนต่อไร่)		
	แปลงควบคุม	แปลงไถกลบตอซัง	แปลงเผาตอซัง
ต้น	0.186	0.207	0.211
ใบ	0.111	0.112	0.110
ราก	0.083	0.097	0.099
เมล็ด	0.264	0.297	0.290

ตารางที่ 4 ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net C budget) เฉลี่ย 3 ปี ของจังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)

ตำรับ	การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (ตันคาร์บอนต่อไร่)		
	แปลงควบคุม	แปลงไถกลบตอซัง	แปลงเผาตอซัง
การปลดปล่อยคาร์บอนจากดิน	+0.550	+0.558	+0.557
คาร์บอนจากการเผามวลชีวภาพของข้าวโพด	0	0	+0.321
คาร์บอนจากมวลชีวภาพของข้าวโพด	0	-0.416	-0.099
การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ	+0.550	+0.142	+0.779

หมายเหตุ + คาร์บอนปลดปล่อยสู่บรรยากาศ; - เก็บกักคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศลงสู่ดิน

5. การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน (Net carbon budget)

การประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน เพื่ออธิบายสมดุลของคาร์บอนในระบบนิเวศน์ของดินโดยตารางที่ 4 แสดงผลการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดินเฉลี่ย 3 ปีในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากดิน จากกระบวนการหายใจของดิน และการเผามวลชีวภาพหรือตอซังพืช ซึ่งจะเป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่บรรยากาศเช่นเดียวกัน สำหรับค่าการปลดปล่อยคาร์บอนที่ออกไปจากดิน จะใช้สัญลักษณ์ (+) อธิบายแสดงการปลดปล่อยคาร์บอนออกไปจากดินไปสู่บรรยากาศ ส่วนค่า (-) จะหมายถึงค่าการเก็บกักคาร์บอนจากบรรยากาศกลับสู่ดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของมวลชีวภาพจากพืชและสัตว์ที่ลงสู่ดิน ค่าสมดุลของคาร์บอนที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายในรูปของการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน (Net carbon budget) พบว่าแปลงควบคุม (การถอนตอซังออก หรือการไถโดยไม่มีตอซัง) มีการปลดปล่อยคาร์บอนมีค่า+0.550 ตันคาร์บอนต่อไร่ ขณะที่แปลงไถกลบตอซัง มีค่าการปลดปล่อยสุทธิ +0.142 ตันคาร์บอนต่อไร่ ลดลงเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม 74.18 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าการปลดปล่อยสุทธิของคาร์บอนจากแปลงเผาตอซังมีค่าสูงกว่าแปลงควบคุม มีค่า +0.779 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือเพิ่มขึ้น 45.28 เปอร์เซ็นต์

ผลของการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการไถกลบตอซัง มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน จากการลดการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ เมื่อเทียบกับแปลงควบคุม อย่างไรก็ตาม วิธีการเผาตอซัง พบว่าเป็นการเพิ่มการปลดปล่อยคาร์บอนในดิน

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

จากผลการทดลองจัดการเศษซากพืชเพื่อกักเก็บคาร์บอนในระบบปลูกข้าวโพด ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เป็นเวลา 3 ปี พบว่าในแต่ละปี การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินจาก แปลงควบคุม แปลงไถกลบตอซัง และแปลงเผาตอซัง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินตลอด 3 ปี พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหาร มีความแตกต่างกันเล็กน้อย

การจัดการตอซังข้าวโพด โดยการไถกลบตอซัง มีค่าปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดินน้อยกว่าแปลงควบคุมถอนตอซัง และแปลงเผาตอซัง

กล่าวโดยสรุป การไถกลบตอซังข้าวโพด สามารถช่วยให้มีการเก็บกักคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น จากการลดการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิได้ในดิน เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับระบบการปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมา แต่วิธีการเผาตอซังนั้น เพิ่มการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก และสนับสนุนให้เกิดภาวะโลกร้อนได้

คำแนะนำ/ข้อคิดเห็น

เนื่องจากภาคเกษตรกรรมได้รับความสนใจในบทบาทการลดก๊าซเรือนกระจก ได้รับการส่งเสริมเพื่อการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้น มีความเป็นไปได้ที่ภาคเกษตรกรรม จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดก๊าซเรือนกระจก ในข้อตกลงการประชุมเจรจาเวทีระดับโลก ในประเด็นการเตรียมความพร้อมเพื่อบรรเทาภาวะโลกร้อน การกักเก็บคาร์บอนในดิน เป็นวิธีการที่มีศักยภาพสูงและเป็นกลไกที่สำคัญในการการลดก๊าซเรือนกระจก โดยแนวทางการจัดการดินอย่างยั่งยืน จะส่งเสริมการสะสมคาร์บอนและฟื้นฟูคุณภาพดิน เช่น วิธีการอนุรักษ์ดิน การจัดการอินทรียวัตถุในดิน การเกษตรเชิงอนุรักษ์ เป็นต้น ซึ่งองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ส่งเสริมการกักเก็บคาร์บอนในดิน ผ่านทางกิจกรรมการเกษตรต่างๆ เช่น ปรับปรุงการจัดการพื้นที่เลี้ยงสัตว์ การปลูกพืชหมุนเวียน การปรับปรุงที่ดินที่ยังไม่ได้เพาะปลูก (fallow) การจัดการเศษซากพืช การลดการไถพรวน การใช้อินทรียวัตถุปรับปรุงดิน เป็นต้น ทั้งนี้ FAO ได้เตรียมร่าง Global Carbon Gap Map ที่สามารถระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินไว้แล้ว เพื่อใช้นำเสนอการประชุมเจรจาเวทีระดับโลกในประเด็นดังกล่าว

ผลการทดลองดังกล่าว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินสำหรับพื้นที่ปลูกข้าวโพดของจังหวัดนครราชสีมาหรือประเทศไทย โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับจัดการเศษซากพืชในภาคเกษตรกรณีระบบการปลูกข้าวโพด เพื่อใช้อ้างอิงในการประชุมจรจาเวทีระดับโลกในประเด็นการเตรียมความพร้อมเพื่อบรรเทาภาวะโลกร้อน

สำหรับพื้นที่ของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 ซึ่งครอบคลุมจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยเฉพาะจังหวัดนครราชสีมา นั้น เกษตรกรนิยมปลูกข้าวโพดหวานกันมาก รวมทั้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย โดยทั่วไปหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้ว ชาวไร่บางส่วนจะตัดหรือขายซากข้าวโพด เพื่อนำไปเลี้ยงวัว บางรายปล่อยให้แห้งตาย แล้วไถกลบ จะไม่พบเห็นชาวไร่ เผาซากข้าวโพดมากนัก อย่างไรก็ตาม ผู้เลี้ยงโค ก็จะขายมูลโคให้กับเกษตรกรหรือผู้แทนจำหน่ายปุ๋ยคอกในท้องถิ่น และเกษตรกรก็นำไปใช้ในไร่นาและสวนผสมต่อไป ซึ่งเป็นกระบวนการกักคาร์บอนไว้ในดิน ที่พบเห็นได้ทั่วไปในระบบปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมาและพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้น วิธีการไถกลบตอซังข้าวโพด หรือการตัดตอซังข้าวโพดออกจากแปลงแล้วนำไปเลี้ยงสัตว์ จะเป็นวิธีที่เหมาะสมนำไปปฏิบัติในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

อนึ่ง การเลือกดำเนินมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำหรือการจัดการดิน เพื่อวัตถุประสงค์ในการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน มีหลักเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

1. มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่แนะนำส่งเสริมให้เกษตรนำไปปฏิบัติ มีความเหมาะสมต่อการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน จะมีความแตกต่างไปตามพื้นที่ และวัตถุประสงค์ กล่าวคือ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อการเลือกใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ต่างกัน บางแห่งต้องการได้ผลผลิตสูง มีความคุ้มค่ากับการลงทุน หรือบางแห่งเลือกใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาทรัพยากรดินและน้ำเท่านั้น สิ่งต่างๆ เหล่านี้ควรนำมาพิจารณาด้วย ตลอดจนการยอมรับของเกษตรกรด้วย

2. การเลือกใช้ระบบการจัดการดินและพืชได้ถูกต้องเหมาะสมจะช่วยฟื้นฟูสภาพดินให้ดีขึ้น ทำให้กักเก็บคาร์บอนลงสู่ดินได้เพิ่มขึ้น จำเป็นต้องมีการสำรวจและติดตามเพื่อประเมินความเหมาะสมของดินและส่งเสริมให้เกิดการใช้ที่ดินได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เนื่องจากการปฏิบัติต่างๆ ที่ไม่เหมาะสม จะนำไปสู่การเกิดปัญหาสภาพดินที่เสื่อมโทรม ซึ่งปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินจะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ทำให้ดินกลายเป็นแหล่งปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศที่สำคัญได้ เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม

3. มาตรการต่างๆ ที่นำมาใช้เพื่อการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน ประกอบด้วย การไม่ไถพรวน หรือไถพรวนน้อย การคลุมดินด้วยการปลูกพืช หรือใช้วัสดุต่างๆ และการจัดการเศษซากพืช รวมถึงการปลูกพืชคลุมดินหมุนเวียนร่วมอยู่ในระบบการปลูกพืชต่างๆ ซึ่งการใช้ระบบการไถพรวนน้อยถือเป็นแนวทางสำคัญที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน

4. การพิจารณาเลือกใช้ชนิดของพืชคลุมดิน เพื่อประโยชน์ในการักเก็บคาร์บอนในดิน จะใช้พืชที่มีระบบรากหยั่งลึก และมีสัดส่วนของน้ำหนักมวลชีวภาพในส่วนของรากต่อน้ำหนักมวลชีวภาพในส่วนของต้นที่มีค่าสูงกว่า ตลอดจนมีค่าสัดส่วนของปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ที่มีค่าสูงกว่า จะมีส่วนช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างของดิน มีการจับตัวของอนุภาคดินที่ดีขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้น การใช้พืชตระกูลหญ้ามาปลูกร่วมในระบบการปลูก

พืช นอกจากจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน แล้วยังเป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินตามหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำอีกด้วย

5.วิธีการจัดการดินและน้ำดินตามสภาพของพื้นที่ มีส่วนเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชปลูก เช่น เขตแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง ต้องการน้ำให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ในเขตชุ่มชื้น หรือบริเวณพื้นที่ลุ่มต้องการระบบการระบายน้ำที่ดี ซึ่งจะช่วยทำให้เจริญเติบโตได้ดี แต่ในเขตพื้นที่ที่เป็นดินพรุหรือพื้นที่ที่มีอินทรียวัตถุสูง การระบายน้ำจะเป็นตัวเร่งให้เกิดขบวนการออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ทำให้คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศได้ ดังนั้น จึงควรพิจารณาว่าวัตถุประสงค์ใดเป็นวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินมาตรการต่างๆ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างถูกต้อง

6. ควรมีการศึกษาหรือสร้างเป็นเครือข่ายการวิจัยเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจถึงแหล่งกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบต่างๆ ตลอดจนการหมุนเวียนที่เกิดขึ้น อันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ที่เป็นเสมือนตัวเร่งกระบวนการให้เกิดขึ้น และมีส่วนเกี่ยวข้องกับแหล่งกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ และสารประกอบคาร์บอนอนินทรีย์ต่างๆ ซึ่งเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของคาร์บอนที่เกิดการหมุนเวียนอยู่ในระบบนั้นๆ ซึ่งความรู้ดังกล่าวนี้ จะช่วยให้การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ หรือการจัดการดิน เพื่อการกักเก็บคาร์บอนในดินเกิดประโยชน์สูงสุด และมีผลต่อการช่วยบรรเทาปัญหาการใช้ที่ดินที่เป็นผลให้มีการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้น

7. ควรกำหนดเป็นนโยบาย ยุทธศาสตร์ในระดับประเทศ กระทรวง และกรม เพื่อการรณรงค์ให้การดำเนินมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ สู่การปฏิบัติของเกษตรกรมากยิ่งขึ้น มาตรการใดที่เกษตรกรไม่สามารถปฏิบัติเองได้ รัฐต้องเป็นผู้ดำเนินการเอง ทั้งนี้ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำจะต้องได้รับการพัฒนาแก้ไขให้เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร หรือชุมชน โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของชุมชนหรือเกษตรกรให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. รายงานกลุ่มชุดดิน. ค้นเมื่อ 24 กรกฎาคม 2556. จากกรมพัฒนาที่ดิน เว็บไซต์: www.ldd.go.th.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. คู่มือการไถกลบตอซัง. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 น.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 11/2547. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2545. การศึกษาและจัดทำราบงานแห่งชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรุงเทพฯ: เอส พี เอส พริ้นติ้ง จำกัด. (โครงการศึกษาแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายใต้พิธีสารเกียวโต เสนอสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. กุมภาพันธ์ 2545). 185 น.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2547. พืชเศรษฐกิจ พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เทวา หมื่นจันทร์. 2555. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักในระบบย่อยอาหารสัตว์และการจัดการมูลสัตว์ของฟาร์มปศุสัตว์ ในจังหวัดพะเยา. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา. 120 น.

นาฏสุดา ภูมิจำนงค์. 2547. การศึกษาแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้พิธีสารเกียวโต, น.1-16. *ใน* รายงานการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ : ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.16-17 สิงหาคม 2547. โรงแรมมารวยการ์เด้น. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช. กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2549. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและผลกระทบที่เกิดขึ้นในประเทศไทย. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ 21(3): 20-34.

พิเชษฐ วงศ์ประภาส. 2547. การประเมินการยอมรับของเกษตรกรในการไถกลบโดยรถฟาร์มแทรกเตอร์ในระบบการผลิต ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 77 น.

มัลลิกา ศรีจันทวงค์. 2545. อิทธิพลของวิธีการใส่ และช่วงเวลาการไถกลบซากถั่วลิสง ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 80 น.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 519 น.

วริศรา ไชยวงศ์. 2539. การวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตถ่าน. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2544. สรุปประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเทศไทย ปี 2543/2544. กรมพัฒนาที่ดิน

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ ธิติ วิสารัตน์ สำเริง ปานอุทัย ภานุมาศ ลาดปาดะ สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร และศุภรัตสำราญ. 2548. วัฏจักรคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง, น. 77-94. ใน รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต. 4 -5 สิงหาคม 2548, โรงแรมมารวยการ์เด้น. กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สิริกานดา วัชราไทย. 2551. การศึกษาสมดุลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสบู่ดำที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วมปนทราย. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีและ การจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 73 น.

อนันต์ พลธานี วิทยา ตรีโลเกศ และอรุณี พรมคำบุตร. 2553. การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการตอซังข้าวคืนสู่ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพข้าวหอมมะลิอินทรีย์. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 23 น.

อรรถชัย จินตะเวช. 2547. การสะสมคาร์บอน. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะเกษตรศาสตร์. 63 น.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2550. ทรัพยากรดินกับภาวะโลกร้อน. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ 22 (3): 22-32.

อัจฉราวดี เครือภักดี. 2552. ผลของการเตรียมดิน การใช้ตอซังและปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อผลผลิตข้าวอินทรีย์และพลวัตของอินทรีย์คาร์บอนในดินนา. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 60 น.

เอกอนงค์ ฟุ้งลัดดา. 2552. การกักเก็บคาร์บอนในดินที่ปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ ณ ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา.วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 123 น.

Batjes, N.H.1996. Total C and N in soil of the world. Eur.J. Soil Sci. 47: 151 – 163.

Chidthaisong, A., Wachrinrat, C., Harvey, N. W. & Lichaikul, N. 2004. Carbon Stocks and CO_2 Exchange in Tropical Soils Under Different Land Use. The Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE) Hua Hin Thailand” (1-3 December 2004): 839-842.

Eaimpraphan, N.2007. Effect of Mixed Nitrogen Fertilizer on Carbon Sequestration of Some Photo – Insensitive Rice Varieties in Paddy Field, Pathum Thaini province. Unpublished master’s thesis, Mahidol University, Faculty of Environment and Resource Studies.

Ecological Society of America. 2007. What is carbon sequestration?. Retrieved May, 2007, fro http://www.esa/teaching - learning/pdfDocs/carbon sequestrationinsoils.pdf.

FAO. 2002. Soil carbon sequestration. Available source: http://www.fao.org/ag/agl/agll/ carbon sequestration/background.stm.

Hongbin, Y., Fang, X,. Jinfeng, Y. & Hongjie, C. 2006. Effect of Long Term Fertilization and Rotation on Soil Organic Carbon of Burozem [Abstract]. 18th World Congress of Soil Science July 9 – 15, 2006, Philadelphia, Pennsylvania, USA. Retrieved April 4, 2009, from http://ldd.go.th/18wcss/techprogram/P18819.HTM

Houghton, R.A. 1995. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850. *In*: Lal, R., Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) .1996. IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC.95 pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Kanagawa, Japan.

Jones, P.D. and K.R. Briffa. 1992. Global surface air temperature variations during the twentieth century: Part 1, spatial, temporal and seasonal details. The Holocene **2**:165-179.

Kiehl, J.T. and K.E. Trenberth. 1997. Earth's annual global mean energy budget. Bull. Amer. Meteor. Soc.78 **2**: 197-208.

Kongrattanachok, P. 2005. Carbon Sequestration in Cassava and Para Rubber Plantation, Rayong Province. Unpublished master's thesis, Mahidol University, Faculty of Environment and Resource Studies. 98 pp.

Kurz, W.A., Apps, M.J. Webb, T.M., McNamee, P.J. 1992. The C Budget of the Canadian Forest Sector: Phase I. Forestry Canada, Edmonton. 78 pp.

Lal, R. 1999. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. Progress in Environmental Science 1999 Vol. 1 No. 4 pp. 307-326 Available source: http://www.cabdirect.org/abstracts/20023035947.html;jsessionid=87C7FA8C3795D4220C547917AFA9F605

Lichaikul, N. 2004. Change of Soil Carbon Stock and Sequestration after Conversion of Forest to Reforestation and Agricultural Lands. Unpublished master's thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, The Joint Graduate School of Energy and Environment. 76 pp.

Matsumoto, N, Paisancharoen, K . and Hakamato, T. 2008. Carbon balance in maize fields under cattle manure application and no-tillage cultivation in Northeast Thailand. Soil Science and Plant Nutrition. 54 (2), pp. 277-288.

Odum, H.T. 1983. Systems Ecology: An Introduction. John Wiley, New York. 644 pp.

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 2009. National strategy on Climate Change Management (A.D. 2008-2012). Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. 180 pp.

Sarmiento, F.L. and Gruber, N. 2002. Sinks for Anthropogenic carbon. Physics today, August 2002, Vol. 55, No. 8.

Soil Science Society of America. 2008. What is Carbon sequestration. Retrieved June 10, 2008, from Scopus database. 250 pp.

The National Technical Committee on Product Carbon Footprinting (Thailand). 2010. The national guideline on product carbon footprint. Amarin Publishing, Bangkok.

Tsutsumi, T. K. Yoda, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. 1983. Chap 3 In Shifting Cultivation: An experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand and its implications for upland farming in the monsoon tropics. K. Kuma & C. Pairntra (eds.): 13 - 62. Kyoto University, Japan.

Tippayachan, H. 2006. The Determination of Carbon Loss by Soil Erosion and Sediment Transport Process in Mea Thang Watershed, Rong Kwang district, Phrae provincr. Unpublished master's thesis, Mahidol University, Faculty of Environment and Resource Studies, Department of Appropriate Technology for Resource and Environment Development. 169 pp/

United State Department of Energy, Office of Science. 2007. Carbon Sequestration. Retrieved December 2, 2006, from http://cdiac2.esd.ornl.gov/index.html.

United State Geological Survey. 2006. Carbon Sequestration (workshop 1999). Retrieved December 2, 2006, from http://edcintl.cr.usgs.gov/carbonseq/workshop.html.

Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo and D.J. Dokken (Eds.) .2000. Land Use, Land-Use Changes and Forestry. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, New York. 24 pp.

West, T.O, and G. Marland. 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emission and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. Agric. Ecosyst. Environ.91: 217-232.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 เกณฑ์ระดับความรุนแรงของค่าวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ดิน:น้ำ= 1:1)

ระดับความรุนแรง	pH (1:1)
กรดรุนแรง	0 - 4.5
กรดจัด	4.5 - 5.5
กรดปานกลาง	5.5 - 6.0
กรดเล็กน้อย	6.0 - 6.5
กลาง	6.5 - 7.5
ด่าง	7.5 - 12.0

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 2 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ระดับ	ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)
ต่ำมาก (very low)	< 0.49
ต่ำ (low)	0.5-1.5
ปานกลาง (moderately)	1.6-3.0
สูง (high)	3.1-4.5
สูงมาก (very high)	> 4.5

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 3_ เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (Bray ll)

ระดับ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
ต่ำมาก (very low)	< 3.0
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	3.0-10.0
ปานกลาง (moderately)	10.0-15.0
สูง (high)	15.0-45.0
สูงมาก (very high)	> 45.0

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 4 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable K)

ระดับ	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (มก./กก.)
ต่ำมาก (very low)	<30
ต่ำ (low)	30-60
ปานกลาง (moderately)	60-90
สูง (high)	90-120
สูงมาก (very high)	>120

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 5 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Ca)

ระดับ	ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (มก./กก.)
ต่ำมาก (very low)	<400
ต่ำ (low)	400-1000
ปานกลาง (moderately)	1000-2000
สูง (high)	2000-4000
สูงมาก (very high)	>4000

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 6 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Mg)

ระดับ	ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (มก./กก.)
ต่ำมาก (very low)	<36
ต่ำ (low)	36-120
ปานกลาง (moderately)	120-360
สูง (high)	360-960
สูงมาก (very high)	>960

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 7 สมบัติบางประการของดิน ก่อนดำเนินการ และสิ้นสุดการทดลองในแปลงจังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี

ตำรับ	ช่วงเวลาทำการวิจัย	OM (%)	P (มก. /กก.)	K (มก. /กก.)	pH
จังหวัดชลบุรี					
ควบคุม	ก่อนการทดลอง	0.74 ต	12 ปก	18 ตม	6.1
	สิ้นสุดการทดลอง	0.59 ต	13 ปก	23 ตม	6.3
ไถกลบตอซัง	ก่อนการทดลอง	0.87 ต	14 ปก	20 ตม	5.8
	สิ้นสุดการทดลอง	0.65 ต	16 ส	21 ตม	6.7
เผาตอซัง	ก่อนการทดลอง	0.84 ต	9 คต	16 ตม	6.1
	สิ้นสุดการทดลอง	0.61 ต	10 คต	22 ตม	6.7
จังหวัดลพบุรี					
ควบคุม	ก่อนการทดลอง	2.20 ปก	39 ส	450 สม	6.9
	สิ้นสุดการทดลอง	1.96 ปก	56 สม	329 สม	7.1
ไถกลบตอซัง	ก่อนการทดลอง	2.00 ปก	17 ส	340 สม	7.0
	สิ้นสุดการทดลอง	1.72 ปก	39 ส	350 สม	7.1
เผาตอซัง	ก่อนการทดลอง	2.40 ปก	9 คต	540 สม	6.6
	สิ้นสุดการทดลอง	1.93 ปก	55 สม	385 สม	6.9

หมายเหตุ : ตม= ต่ำมาก, คต =ค่อนข้างต่ำ, ต= ต่ำ, ปก = ปานกลาง, ส = สูง, สม = สูงมาก

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณรวมและค่าเฉลี่ย 3 ปี ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ตันคาร์บอนต่อไร่) จากแปลงทดลอง จังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี (± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในวงเล็บ)

ตำรับ	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนต่อไร่)									
	การทดลองปีที่ 1			การทดลองปีที่ 2			การทดลองปีที่ 3			เฉลี่ย 3ปี
	ก่อนจัดการตอซัง	หลังจัดการตอซัง	รวม	ก่อนจัดการตอซัง	หลังจัดการตอซัง	รวม	ก่อนจัดการตอซัง	หลังจัดการตอซัง	รวม	
จังหวัดชลบุรี	ส.ค.- พ.ย.	เม.ย.- มิ.ย.		ก.ค.- ต.ค.	ก.พ.- เม.ย.		ก.ค.-ต.ค.	ธ.ค.-ก.พ.		
แปลงควบคุม	0.477	0.462	0.939	0.378	0.264	0.642	0.847	0.268	1.115	0.899 (±0.239)
แปลงไถกลบตอซัง	0.402	0.360	0.762	0.598	0.372	0.970	0.851	0.318	1.169	0.957 (±0.204)
แปลงเผาตอซัง	0.435	0.372	0.807	0.483	0.298	0.781	0.481	0.199	0.680	0.756 (±0.067)
F test	ns	ns		ns	ns		ns	ns		Ns
จังหวัดลพบุรี	มิ.ย.- ก.ย.	ม.ค.- มี.ค.		มิ.ย.- ต.ค.	มี.ค.- พ.ค.		มิ.ย.- ต.ค.	ก.พ.- เม.ย.		
แปลงควบคุม	0.371	0.097	0.510	0.322	0.138	0.460	0.381	0.198	0.659	0.543 (±0.104)
แปลงไถกลบตอซัง	0.381	0.103	0.529	0.326	0.162	0.488	0.380	0.194	0.652	0.556 (±0.085)
แปลงเผาตอซัง	0.389	0.097	0.530	0.347	0.134	0.481	0.389	0.182	0.655	0.555 (±0.090)
F test	ns	ns		ns	ns		ns	ns		Ns
									0.573	0.550 (±0.052)
									0.584	0.558 (±0.062)

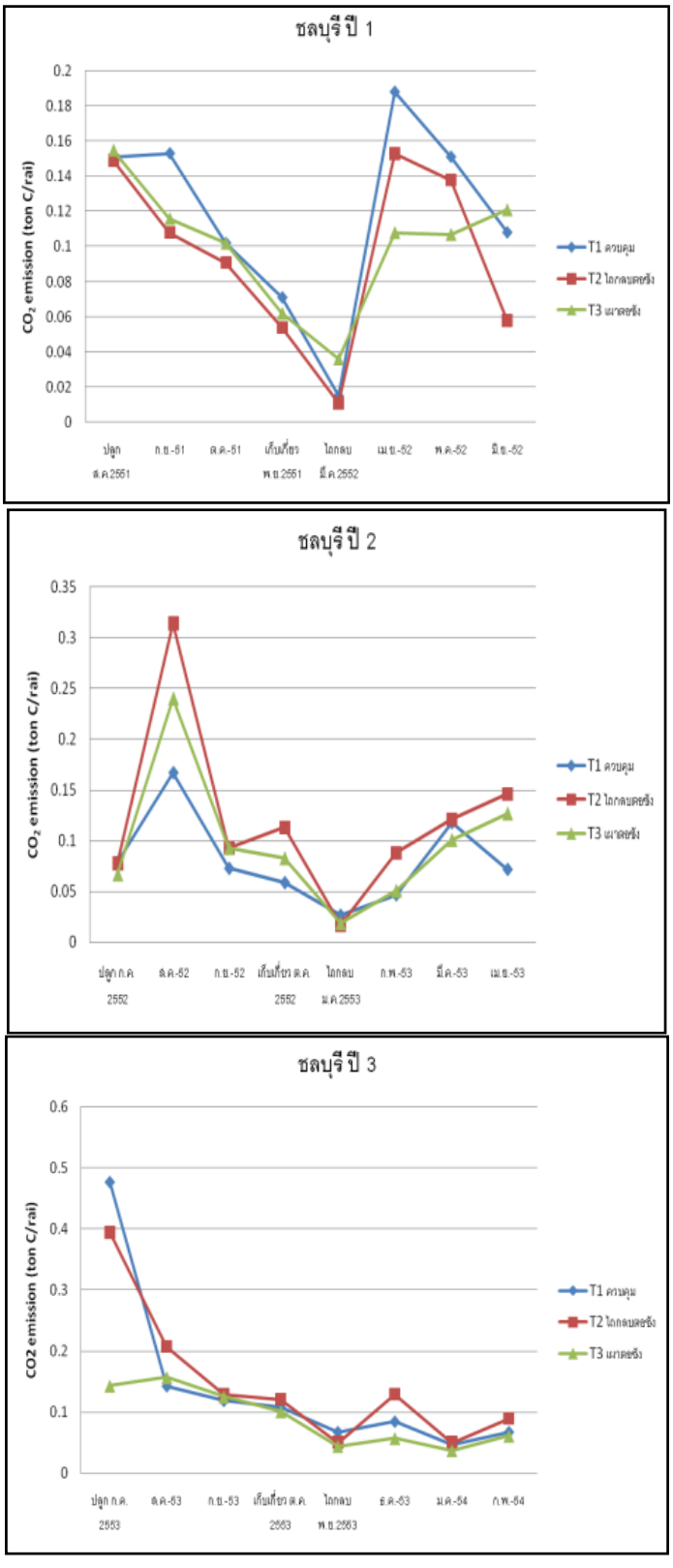
ตารางภาคผนวกที่ 9 น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และ ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพดจังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี (ตันคาร์บอนต่อไร่)

ตำรับ	น้ำหนัก.แห้งของมวลชีวภาพ (ตันคาร์บอนต่อไร่)		
	แปลงควบคุม	แปลงไถกลบตอซัง	แปลงเผาตอซัง
จังหวัดชลบุรี			
ต้น	0.128	0.121	0.114
ใบ	0.191	0.085	0.180
ราก	0.044	0.024	0.029
เมล็ด	0.198	0.213	0.201
จังหวัดลพบุรี			
ต้น	0.206	0.227	0.249
ใบ	0.116	0.116	0.115
ราก	0.061	0.083	0.086
เมล็ด	0.292	0.324	0.296

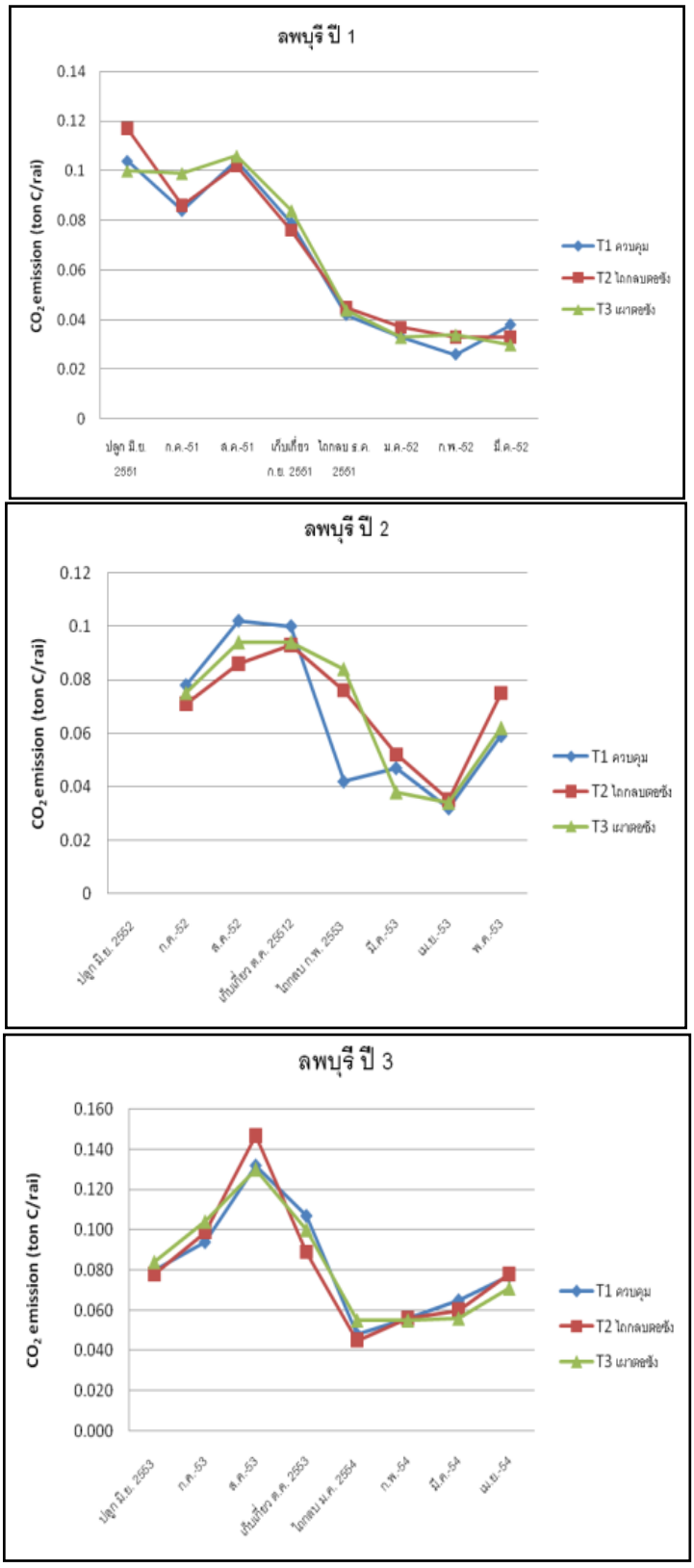
ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net C budget) เฉลี่ย 3 ปี ของจังหวัดชลบุรี และจังหวัดลพบุรี (ตันคาร์บอนต่อไร่)

ตำรับ	การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (ตันคาร์บอนต่อไร่)		
	แปลงควบคุม	แปลงไถกลบตอซัง	แปลงเผาตอซัง
จังหวัดชลบุรี			
การปลดปล่อยคาร์บอนจากดิน	+0.899	+0.957	+0.756
คาร์บอนจากการเผามวลชีวภาพของข้าวโพด	0	0	+0.294
คาร์บอนจากมวลชีวภาพของข้าวโพด	0	-0.230	-0.029
การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ	+0.899	+0.727	+1.021
จังหวัดลพบุรี			
การปลดปล่อยคาร์บอนจากดิน	+0.543	+0.556	+0.555
คาร์บอนจากการเผามวลชีวภาพของข้าวโพด	0	0	+0.364
คาร์บอนจากมวลชีวภาพของข้าวโพด	0	-0.426	-0.086
การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ	+0.543	+0.130	+0.833

หมายเหตุ + คาร์บอนปลดปล่อยสู่บรรยากาศ; - เก็บกักคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศลงสู่ดิน



ภาพภาคผนวกที่ 1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และเผาตอซัง ของจังหวัดชลบุรี ในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)



ภาพภาคนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุมไถกลบตอซัง และเผาตอซัง ของจังหวัดลพบุรี ในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)