ผลงานเรื่องที่ 1

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

พลวัตรของคาร์บอนในดินภายใต้การไถกลบตอซังข้าวโพด
ในประเทศไทย

Soil Carbon Dynamics in Incorporation of Corn Stubble Residues
in Thailand

ของ

นายสถาพร ใจอารีย์
ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 302
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 กรมพัฒนาที่ดิน

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ
ตำแหน่งเลขที่ 302
ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	จ
Abstract	ฉ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	1
วิธีดำเนินการ	17
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	19
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	29
คำขอบคุณ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	34

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติบางประการของดิน ก่อนดำเนินการ และ สิ้นสุดการทดลองในแปลง จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา	21
2	ปริมาณรวมและค่าเฉลี่ย 3 ปี ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ตันคาร์บอนต่อไร่) จากแปลงทดลอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา (± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในวงเล็บ)	26
3	ค่าเฉลี่ย 3 ปี ของน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และ ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพด จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)	27
4	ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net C budget) เฉลี่ย 3 ปี ของ จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)	28

ตารางผนวกที่

1	เกณฑ์ระดับความรุนแรงของค่าวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ดิน: น้ำ= 1:1)	35
2	เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	35
3	เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (Bray II)	35
4	เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable K)	36

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การหมุนเวียนและปริมาณการเก็บกักของคาร์บอนในแหล่งต่างๆ ของโลก (Pg = 10^{15}g) สัญลักษณ์ลูกศร แสดงอัตราการหมุนเวียนของคาร์บอน (เพนตากรัมคาร์บอนต่อปี: Pg C yr^{-1}) ระหว่างบรรยากาศและแหล่งเก็บกักในภาคพื้นดิน หลัก 2 แห่ง ประกอบไปด้วยที่ดินและมหาสมุทร	7
2	แบบจำลองของวัฏจักรคาร์บอน (Net carbon flux model)	16
3	การวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินโดยเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบพกพาจากกระบอกเก็บก๊าซระบบปิดแบบอัดติดในแปลงทดลอง	18
4	แปลงทดลองการศึกษาพลวัตรในดินจากการไถกลบตอซังข้าวโพดในประเทศไทย	19
5	ปริมาณคาร์บอนที่เก็บอยู่ในดิน (Soil C stock) ตลอดความลึก 1 เมตร ในแปลงทดลอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)	20
6	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และ เผาตอซังของ จังหวัดชลบุรี ในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)	23
7	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และ เผาตอซังของจังหวัดลพบุรี ในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)	24
8	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และ เผาตอซังของจังหวัดนครราชสีมาในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)	25

พลวัตรของคาร์บอนในดินภายใต้การไถกลบตอซังข้าวโพดของประเทศไทย

สถาพร ใจอารีย์ [1] กิตติมา ศิวอาทิตย์กุล [2] และชินพัฒน์ธนา สุขวิบูลย์ [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยพลวัตรของคาร์บอนในดินจากการไถกลบตอซังข้าวโพดของประเทศไทย ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ได้แก่ 1) ชุดดินเขาพอง (Kpg) จังหวัดชลบุรี 2) ชุดดินวังสะพุง (Ws) จังหวัดลพบุรี ใน และ 3) ชุดดินวังสะพุง ด่างต่ำ (Ws-lb) จังหวัดนครราชสีมา โดยทำการทดลองเป็นเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2551-2553) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน การเก็บกักคาร์บอนในดิน การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 3 ตำรับทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ คือ 1) การถอนตอซัง (แปลงควบคุม) 2) ไถกลบตอซัง และ 3) เผาตอซัง ข้อมูลดิน พืช และ ก๊าซ ได้ถูกเก็บและวิเคราะห์ ในช่วงตลอดฤดูเพาะปลูก และนำไปใช้ประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน ผลการทดลอง 3 ปี พบว่า การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดินเฉลี่ย มีค่า 0.899 0.727 และ 1.021 ในแปลงจังหวัดชลบุรี 0.543 0.130 และ 0.833 ในจังหวัดลพบุรี และจังหวัดนครราชสีมามีค่า 0.550 0.142 และ 0.779 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซังและเผาตอซัง ตามลำดับ สำหรับการศึกษาสมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การไถกลบตอซังไม่มีผลแตกต่างต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเมื่อเทียบกับการถอนตอซัง (แปลงควบคุม) และเผาตอซัง สำหรับสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน สรุปได้ว่า การไถกลบตอซัง เป็นวิธีการที่ช่วยให้มีการเก็บกักคาร์บอนในดินเพิ่มมากขึ้นมากกว่าแปลงควบคุมและแปลงเผาตอซัง ซึ่งมีผลต่อการบรรเทาสภาวะโลกร้อนได้

คำหลัก : พลวัตรของคาร์บอนในดิน การไถกลบตอซัง ข้าวโพด การเก็บกักคาร์บอนในดิน การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน

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

[1] สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

Soil Carbon Dynamics in Incorporation of Corn Stubble Residues in Thailand

Sathaporn Jaiarree [1], Kittima Sivaarthitkul [2] and Chinapatana Sukvibul [2]

ABSTRACT

The research of soil carbon dynamics in incorporation of corn stubble residues of Thailand was carried out in 1) Khao Phong soil series, Chonburi province 2) Wangsaphung soil series, Lopburi province and 3) Wangsaphung, low base soil series, Nakhon Ratchasima province. The research was started from 2009 to 2011. 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 carbon budget. The experimental plot was designed as Randomized Complete Block Design (RCBD) in 4 replications of 3 treatments consisted of 1) Control plot 2) incorporation of corn stubble residues and 3) corn stubble residue burning. The properties of soil, plant and gas emissions from soil were measured through the season crop for the estimation of net C budget of soil. From the result, the soil properties of 3 plots from all 3 sites did not change very much. The net C budget has the value of 0.899 0.727 and 1.021 for Chonburi site, 0.543 0.130 and 0.833 for Lopburi site and Nakhon Ratchasima site in 0.550 0.142 and 0.779 ton C $rai^{-1}yr^{-1}$, in the control, incorporation and burning plot, respectively. It indicated that the net carbon emission was reduced in incorporation plot from all 3 sites. From this study, we can concluded that the corn stubble residues incorporation plot was not effect in significantly on CO_2 estimation from soil. 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 C dynamic, stubble residues incorporation, corn, soil C sequestration, net C budget

Research number: 51-53-04-12-030001-010-108-02-11

[1] Office of Land Development Regional 1, Land Development Department

[2] Office of Research and Development for Land Management, Land Development Department

คำนำ

การเพิ่มขึ้นของ ก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบัน ส่งผลถึงปัญหาของสภาวะโลกร้อน โดยในกลุ่มก๊าซเรือนกระจกนั้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีการปลดปล่อยมากที่สุด รองลงมาคือ มีเทน (CH_4) และ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ตามลำดับ (Jones and Briffa, 1992) ซึ่งภาคการเกษตรจัดเป็นส่วนหนึ่งของการปลดปล่อยและการช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ด้วย ดังนั้นถ้าการจัดการเกษตรกรรมที่เหมาะสมจะสามารถช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในรูปของอินทรียวัตถุ และลดการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปก๊าซเรือนกระจกได้เป็นอย่างดี การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีประมาณ 11.84 ล้านไร่ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2544) ซึ่งพบว่าการไถกลบตอซังยังมีน้อยมาก กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมีนโยบายรณรงค์ให้เกษตรกรไถกลบตอซังหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากจะช่วยปรับปรุงสมบัติของดินแล้ว ยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาตอซังได้เป็นอย่างดี การไถกลบตอซังพืชหลังเก็บเกี่ยว จะสามารถลดพื้นที่การเผาตอซังพืชที่เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมได้ด้วย สิ่งนี้ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดีขึ้น และไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม แต่อย่างไรก็ตามมีข้อถกเถียงในเชิงวิชาการว่า การเพิ่มการไถกลบตอซังพืชโดยไม่เผาตอซัง ถึงแม้จะช่วยปรับปรุงสมบัติของดิน แต่จะมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น การทดลองนี้จึงถูกออกแบบเพื่อทำการศึกษา 1) การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินภายใต้การจัดการไถกลบตอซังข้าวโพด 2) การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ภายใต้การไถกลบตอซังข้าวโพด (3) ผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการเก็บกักคาร์บอนในดินและการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net carbon budget) ของดิน ผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นพื้นฐานของการจัดการในภาคเกษตรกรรมทางด้านการปรับตัวตลอดจนการบรรเทาภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดีและที่สำคัญเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการดินเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืนด้วย

การตรวจเอกสาร

ดินเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งในวัฏจักรของคาร์บอนในโลก สัดส่วนของคาร์บอนที่พบมากที่สุดอยู่ในดิน โดยพบอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Organic Carbon, SOC) ประมาณ 1,550 เพนตากรัมคาร์บอน (Pg C) [1] และอนินทรีย์คาร์บอน (Soil Inorganic Carbon, SIC) ประมาณ 750 เพนตากรัมคาร์บอน ที่ระดับความลึก 1 เมตร (Batjes, 1996) ดังนั้นสัดส่วนของคาร์บอนที่ถูกเก็บกักอยู่ในดินมีมากกว่าที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ (770 เพนตากรัมคาร์บอน) ถึง 3 เท่า และมีมากกว่า 3.8 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนชีวภาพ (610 เพนตากรัมคาร์บอน) อย่างไรก็ตามในส่วนของชั้นบรรยากาศโลกพบว่ามีการเพิ่มขึ้นนับตั้งแต่ ค.ศ. 1850 ในอัตราประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

การกักเก็บคาร์บอนและปลดปล่อยคาร์บอน สามารถคาดคะเนได้จากการหมุนเวียนคาร์บอนทั้งหมดในระบบ Odum (1983) ซึ่งการวิเคราะห์ในระบบนิเวศวิทยาต้องกำหนดขอบเขตที่แน่ชัดเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเริ่มต้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกสู่บรรยากาศจะแสดงเป็นค่าบวก และจะเป็นค่าลบ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรยากาศ สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่เก็บสะสม (Carbon stock) ซึ่งมีการเก็บศึกษาและรวบรวมโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่า

[1] เพนตากรัมคาร์บอน (Pg C) = 10^{15} กรัมคาร์บอน

ด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Inter-governmental Panel on Climate Change - IPCC) (Watson et al., 2000)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษางานวิจัยพลวัตรของคาร์บอนในดินจากการไถกลบตอซังข้าวโพดของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน การเก็บกักคาร์บอนในดิน การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน โดยได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases)

ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศที่ทำให้การสูญเสียความร้อนสู่ห้วงอวกาศลดลง จึงมีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศผ่านปรากฏการณ์เรือนกระจก ก๊าซเรือนกระจก มีความจำเป็นและมีความสำคัญต่อการรักษาระดับอุณหภูมิของโลก หากปราศจากก๊าซเรือนกระจก โลกจะหนาวเย็นจนสิ่งมีชีวิตอยู่อาศัยไม่ได้ แต่การมีก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปก็เป็นเหตุให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตดังที่เป็นอยู่กับบรรยากาศของดาวศุกร์ซึ่งมีบรรยากาศที่ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide – CO_2) มากถึงร้อยละ 96.5 มีผลให้อุณหภูมิผิวพื้นร้อนขึ้น คำว่า “ก๊าซเรือนกระจก” บนโลกหมายถึงก๊าซต่างๆ เรียงตามลำดับตามปริมาณในบรรยากาศ ได้แก่ ไอน้ำ (Vapour) คาร์บอนไดออกไซด์(Carbondioxide – CO_2) มีเทน (Methane -CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide -N_2O) โอโซน และคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon-CFC) ก๊าซเรือนกระจกเกิดเองตามธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งปัจจุบันระดับคาร์บอนไดออกไซด์มีในบรรยากาศ 380 ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppmv) จะเห็นว่าระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศปัจจุบันสูงกว่าระดับเมื่อก่อนยุคอุตสาหกรรมประมาณ 100 ppmv (เทวา, 2555)

2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการเกษตร

แม้ว่าภาคการเกษตรจะไม่ใช่แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด แต่ภาคการเกษตรเป็นภาคที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมากที่สุด เนื่องจากเป็นภาคที่ประชากรมีฐานะทางเศรษฐกิจที่ด้อยที่สุด ทำให้มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสูง นอกจากนี้ ภาคการเกษตรเองมีศักยภาพในการที่จะเก็บกักก๊าซเรือนกระจกได้เพราะการจัดการดินเกษตร จะมีเติมอินทรียวัตถุสำหรับการปรับปรุงดินและเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับพืช อินทรียวัตถุเหล่านี้มีองค์ประกอบของคาร์บอนอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุที่ผิวดินและใต้ดิน 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)

การเกษตรเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ เนื่องจากพื้นที่เกษตรทั่วโลกมีอาณาบริเวณที่ใหญ่คิดเป็น 5.023 ล้านเฮกตาร์ โดยคิดเป็นร้อยละ 40-50 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด ก๊าซเรือนกระจกหลักที่ปล่อย

จากพื้นที่เกษตร ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ โดยค่าประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ใน ค.ศ. 2005 คิดเป็น 5.1-6.1 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Gt CO_2eq)[2] ต่อปี หรือร้อยละ 10-12 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งโลก ซึ่งเป็นก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ในปริมาณกว่า 3.3 และ 2.8 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับหรือคิดเป็นร้อยละ 50 และร้อยละ 60 ของก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยทั่วโลกในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการปล่อยสุทธิเพียง 0.04 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ทั้งนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์หรือเกิดจากการเผาเศษซากพืชและอินทรีย์วัตถุในดิน มีเทนเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาวะที่มีออกซิเจนจำกัดจากการย่อยอาหารของสัตว์ จากการหมักมูลสัตว์หรือเศษซากพืชและจากนาข้าว และไนตรัสออกไซด์เกิดจากการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและมูลสัตว์ ซึ่งโดยมากจะเกิดจากการใส่ไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช แม้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรจะมีความซับซ้อน แต่การจัดการระบบเกษตรที่เหมาะสมยังมีความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจก และแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกหลายทางสามารถใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วในปัจจุบันและสามารถนำไปปฏิบัติได้ทันทีอีกด้วย

ภาคเกษตรกรรมมีบทบาทที่เพิ่มขึ้นต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยข้อมูลการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากการเกษตรระบุว่ามีการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซทั้งสองชนิดคิดเป็นร้อยละ 17 ระหว่าง ค.ศ. 1990-2005 ทั้งนี้เป็นเพราะการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกที่ทำให้มีความต้องการอาหารที่สูงขึ้น จึงเร่งให้เกิดการบุกรุกพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าและเปลี่ยนพื้นที่เหล่านั้นให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์มากยิ่งขึ้นเพื่อให้มีผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการและตอบรับกับการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การทำปศุสัตว์ที่มากขึ้นและการเพิ่มการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเมื่อพิจารณาการเพิ่มพื้นที่เกษตรในระยะหลัง ผลที่ได้แสดงอย่างชัดเจนแล้วว่าการเพิ่มพื้นที่ทางการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนาเพิ่มขึ้นกว่า 502 ล้านเฮกเตอร์ ในขณะที่ประเทศที่พัฒนาแล้วมีพื้นที่การเกษตรลดลงประมาณ 41 ล้านเฮกเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าภูมิภาค 5 แห่ง ในกลุ่มประเทศนอกผนวกที่ 1 (Non-Annex 1) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มีเทนและไนตรัสออกไซด์) ที่เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 32 คิดเป็นสามในสี่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรทั้งหมด และอีก 5 ภูมิภาคซึ่งโดยมากอยู่ในกลุ่มประเทศในภาคผนวกที่ 1 (Annex 1) มีผลรวมการปล่อยก๊าซที่ลดลงประมาณร้อยละ 12 ผลการประเมินนี้แสดงให้เห็นว่าการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทย จำเป็นต้องตระหนักถึงการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรม และเร่งหาแนวทางบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อรับรองข้อกำหนดที่อาจมีในอนาคตในการจำกัดหรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มนี้ (เทวา, 2555)

2.1 การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรม

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) ในภาคเกษตรกรรมมีหลากหลายแนวทาง โดยการลดก๊าซเรือนกระจกที่กล่าวนี้หมายถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการส่งเสริมการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน (Sink) โดยการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนเป็นกลไกที่มีผลอย่างมากต่อการลดก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นศักยภาพเชิงเทคนิคที่ประมาณร้อยละ 89 ในขณะที่การลดการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากดินเป็นร้อยละ 9 และร้อยละ 2 ตามลำดับ โดยตัวเลขประเมินนี้อ้างอิงจากความยากง่ายในการใช้แนวทางลด

[2] กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า-Gt CO_2eq = 10^9 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ก๊าซเรือนกระจก ประสิทธิภาพของวิธีการ และความคงทนของวิธีการที่อาจเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยภายนอก เช่น ภูมิอากาศ สภาวะเศรษฐกิจ และพฤติกรรมสังคม เป็นต้น

แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมที่เป็นที่รู้จัก คือ การปรับปรุงการจัดการพืชและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (เช่น การปรับปรุงวิธีการทำเกษตร การใช้ปุ๋ย การไถพรวน และการจัดการเศษซากพืช) การฟื้นฟูดินอินทรีย์หรือดินพรุ (Organic soil) ที่ถูกระบายน้ำออกเพื่อใช้ในการเพราะปลูก และการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังมีแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกโดยการปรับปรุงการจัดการน้ำและข้าว การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การยกเลิกที่ดินเพาะปลูก (Set-aside) ระบบวนเกษตร (Agro-forestry) และการปรับปรุงการจัดการปศุสัตว์และมูลสัตว์ ทั้งนี้การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมหลายแนวทางสามารถนำไปใช้ได้ในทันทีด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน แต่ยังควรส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกต่อไป เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรมเป็นแนวทางที่มีศักยภาพเชิงต้นทุนอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในภาคกิจกรรมอื่นๆ เช่น ภาคพลังงาน ภาคขนส่ง และป่าไม้ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถตอบโจทย์การแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว (Long-term climate objectives) ด้วยเหตุนี้ จึงควรพัฒนาแนวทางใหม่ ในการลดก๊าซเรือนกระจก สำหรับระบบการทำปศุสัตว์และการใช้มูลสัตว์เพื่อลดอัตราเพิ่มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมต่อไป

อย่างไรก็ตาม แนวทางที่เหมาะสมในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรม จะเป็นวิธีที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเกษตรที่ดำเนินการอยู่แล้ว เช่น การปรับเปลี่ยนการไถพรวน การใช้ปุ๋ย สูตรอาหารสัตว์ และการจัดการมูลสัตว์ 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 (ในรูปน้ำหนักแห้ง) โดยเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ

2.2 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

2.2.1 ผลกระทบต่อภูมิอากาศ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศซึ่งมีความรุนแรงและบ่อยมากขึ้น เช่น ทำให้เกิดอุทกภัย ส่วนบริเวณอื่นๆ ก็จะเกิดปัญหาแห้งแล้ง เนื่องจากฝนตกน้อยลง กล่าวคือ พื้นที่ภาคใต้จะมีฝนตกชุก และเกิดอุทกภัยบ่อยครั้งขึ้น ในขณะที่ภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือต้องเผชิญกับภัยแล้งมากขึ้น รูปแบบของฝนและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้วัฏจักรของน้ำเปลี่ยนแปลง เกิดพายุ น้ำท่วมภัยแล้ง

2.2.2 ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเลและพื้นที่ชายฝั่ง เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น ระดับน้ำทะเลก็จะสูงเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเกิดการขยายตัวของผิวน้ำทะเล และการละลายของภูเขาน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก และส่งผลกระทบโดยตรงต่อการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ บริเวณชายฝั่งทะเล โดยพื้นที่บริเวณชายฝั่งจะถูกน้ำท่วมและถูกกัดเซาะมากขึ้น เกิดการสูญเสียที่ดิน

2.2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มสูงขึ้นและเหตุการณ์ตามธรรมชาติที่รุนแรงและเกิดบ่อยครั้งส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพและอนามัยของคนไทย 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 แต่ไม่กระจายทั่วโลกทำให้บางบริเวณเกิดน้ำท่วมบางบริเวณเกิดความแห้งแล้งและเกิดแหล่งน้ำใหม่ ทำให้เสียสภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (วริศรา, 2539)

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

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซเรือนกระจกกับวงจรคาร์บอนในโลก

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

ก๊าซเรือนกระจก เช่น มีเทน ไนตรัสออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ เป็นก๊าซที่พบอยู่แล้วทั่วไปในชั้นบรรยากาศ โดยก๊าซเหล่านี้ทำหน้าที่เก็บสะสมความร้อนเพื่อทำให้โลกอบอุ่นขึ้นนับจากยุคน้ำแข็ง หากไม่มีก๊าซเรือนกระจก อุณหภูมิของผิวโลกน่าจะต่ำมากจนถึง –20 องศาเซลเซียส แทนที่จะเป็น 15 องศาเซลเซียส (Kiehl and Trenberth, 1997) ตราบเท่าที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่และอุณหภูมิโลกยังคงสมดุล หากแต่ว่าในช่วงศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา กิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งฟอสซิล เป็นสาเหตุหลักทำให้ที่ดินเสื่อมโทรม และ

เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง การสลายตัวของอินทรียวัตถุและอินทรีย์สารในดินเกิดได้ดี (อรวรรณ, 2550) คาร์บอนในรูปพลังงานจากฟอสซิลถูกนำมาใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น ทำให้คาร์บอนจากแหล่งสะสมเหล่านี้ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พบมีปริมาณความเข้มข้นสูงขึ้นมาก เป็นเหตุให้วงจรคาร์บอนในธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ มหาสมุทร พืชพรรณ ดิน และบรรยากาศ เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากสมดุล คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่มีปริมาณมากเกินเป็นเสมือนตัวขวางกั้นการสะท้อนของรังสีคลื่นยาว (รังสีอินฟราเรด) กลับสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้พลังงานความร้อนถูกเก็บสะสมไว้เพิ่มมากขึ้น (นิพนธ์, 2549) อุณหภูมิของผิวโลกเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น และเกิดเป็นภาวะโลกร้อน (Global warming) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรง (Climate change) ได้ ดังเช่นปรากฏแล้วในปัจจุบัน

2.4 อินทรีย์คาร์บอน

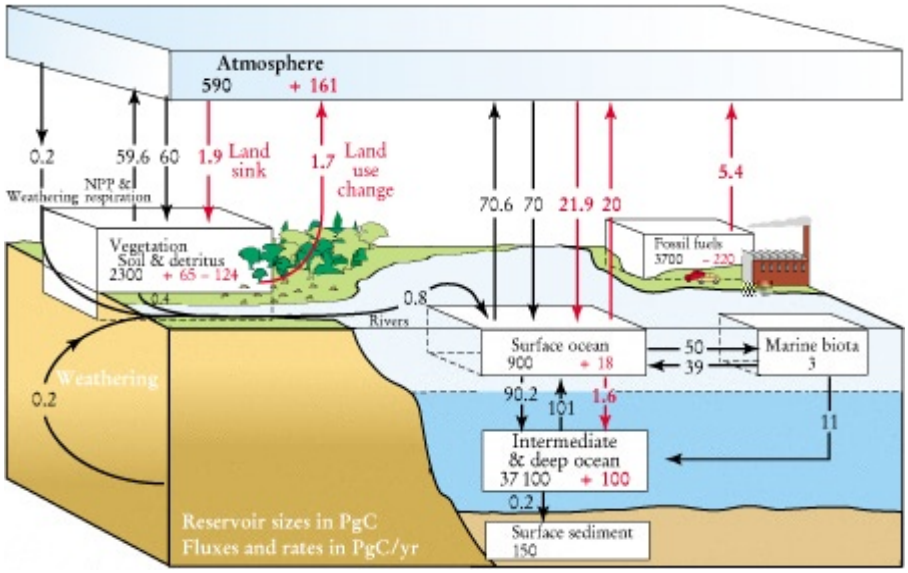
แหล่งสะสมคาร์บอนบนโลกหลักๆ ได้แก่ ดิน บรรยากาศ และน้ำ คาร์บอนที่อยู่บนพื้นโลกมีประมาณ 2 เท่าของคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศ หรือ 3 เท่าของคาร์บอนในพื้นดินที่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ 1 ใน 3 ของคาร์บอนเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งพบใต้ดิน และ 1 ใน 25 ของคาร์บอนจะอยู่ในน้ำ สำหรับการแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างพื้นดินและบรรยากาศนั้น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

การสะสมอินทรีย์คาร์บอนมีต้นกำเนิดมาจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุซึ่งเป็นการย่อยสลายของพืชและสัตว์ด้วยจุลินทรีย์ การย่อยสลายของพืชหรือลำต้นที่ถูกไถกลบลงไปในดินหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการย่อยสลายของสัตว์ที่ตายลง ปุ๋ยคอกที่เติมลงไปในดินเพื่อช่วยยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน หลังจากสิ่งต่างๆ เหล่านั้นเข้าสู่ดินแล้ว อินทรีย์คาร์บอนจะส่งผลต่อโครงสร้างของดิน โดยเริ่มจากมวลชีวภาพถูกเปลี่ยนสภาพในกระบวนการย่อยสลายพร้อมทั้งมีจุลินทรีย์ในดินมาย่อยสลายมวลชีวภาพ อินทรีย์คาร์บอนที่มาจากแต่ละขั้นตอนนั้นมีองค์ประกอบและคุณสมบัติแตกต่างกัน บางครั้งการแตกตัวของอินทรีย์คาร์บอนจะเป็นอินทรีย์คาร์บอนชนิดเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาซึ่งมาจากจุลินทรีย์ที่อยู่ใต้ดิน และอาศัยอยู่ใต้ดินมาเป็นเวลาพันปี (Tippayachan, 2006)

นอกจากนั้น คาร์บอนเข้าสู่ดินโดยพืชสีเขียวดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบในรูปคาร์บอนต่างๆ เช่น เซลลูโลส และลิกนิน จากนั้นคาร์บอนในพืชจะเข้าสู่แหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยเศษซากพืช รากพืช และสารที่ซึมออกมาจากรากพืช หรือย่อยสลายโดยสัตว์ต่างๆ สารที่ได้จากการที่สัตว์ย่อยสลายขนาดของเศษซากพืชที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ส่วนมากจะเกิดขึ้นใกล้กับผิวดิน ดังนั้นคาร์บอนจึงมีการสะสม ในดินได้ง่ายและจะสูญเสียได้ง่ายเช่นเดียวกันถ้าเกิดการกัดกร่อนดินหรือมีการไถพรวนอย่างรุนแรงเพิ่มขึ้น 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 เพนตากรัมคาร์บอน ซึ่งอยู่ในรูปฟอสซิลคาร์บอนถึง 3,500 เพนตากรัมคาร์บอน นอกจากนี้คาร์บอนถูกกักเก็บในต้นไม้และดินมี 2,300 เพนตากรัมคาร์บอน โดยที่อยู่ในชั้นบรรยากาศโลกประมาณ 750 เพนตากรัมคาร์บอน (Sarmiento and Gruber, 2002) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา พบว่ามีการปลดปล่อยคาร์บอนจากพลังงานฟอสซิลประมาณ 5.4 เพนตากรัมคาร์บอน ต่อปี (ภาพ 1) และจากการศึกษาของ (Hougton, 1995) พบว่ามีการปลดปล่อยคาร์บอน จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ดินประมาณ 1.7 เพนตากรัมคาร์บอน ต่อปี ในขณะที่มีการเก็บกักคาร์บอนลงสู่พื้นดินในระบบนิเวศน์ต่างๆ ประมาณ 1.9 เพนตากรัมคาร์บอน ต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนภาคพื้นดินของระบบนิเวศน์สามารถเก็บคาร์บอนได้ประมาณ 0.2 เพนตากรัมคาร์บอน ต่อปี



ภาพที่ 1 การหมุนเวียนและปริมาณการเก็บกักของคาร์บอนในแหล่งต่างๆของโลก (Pg = 10^{15}g) สัญลักษณ์ลูกศร แสดงอัตราการหมุนเวียนของคาร์บอน (เพนตากรัมคาร์บอนต่อปี: Pg C yr^{-1}) ระหว่างบรรยากาศและ แหล่งเก็บกักในภาคพื้นดินหลัก 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 การสังเคราะห์แสงและการหายใจ

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

Matsumoto (2008) ศึกษาสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในจังหวัดขอนแก่น ในระบบที่มีการจัดการดินที่แตกต่างกันในช่วงเวลาสั้นๆ 1-3 ปี พบว่าปริมาณคาร์บอนสะสมในดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 16.0 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี เป็น 17.1 สำหรับช่วงเวลาศึกษาในปีที่ 1 และปีที่ 3 คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ + 0.1 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปีในพื้นที่ซึ่งมีการปลูกพืชตามแบบวิธีดั้งเดิม (Conventional)

2.7 การกักเก็บคาร์บอน

มีผู้ให้นิยามของการศึกษาด้านการกักเก็บคาร์บอน (Carbon sequestration) ไว้หลายความหมาย เช่น

อรรถชัย (2547) กล่าวถึงการกักเก็บคาร์บอน ไว้ว่าหมายถึง การดึงคาร์บอนออกจากชั้นบรรยากาศอย่างถาวร หรือกึ่งถาวร

Ecological Society of America (2007) กล่าวถึงการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง การสะสมคาร์บอนเป็นระยะเวลานานในมหาสมุทร 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 (2008) กล่าวถึงการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง การสะสมคาร์บอนในรูปที่เป็นของแข็งที่มีความเสถียร โดยผ่านทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ การกักเก็บคาร์บอนทางตรงเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาของอนินทรีย์เคมีซึ่งเป็นผันกลับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบอนินทรีย์คาร์บอนในดิน เช่น แคลเซียมคาร์บอนเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนต การกักเก็บคาร์บอนทางตรงอีกทางเกิดขึ้นโดยการสังเคราะห์แสงของพืชโดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่มวลชีวภาพ ดังนั้น มวลชีวภาพของพืชจะเป็นการกักเก็บคาร์บอนทางอ้อมของอินทรีย์คาร์บอนดิน โดยผ่านกระบวนการย่อยสลาย ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในแต่ละพื้นที่สะท้อนถึง

ความสมดุลในระยะยาวระหว่างกลไกการดูดซับ และการปลดปล่อยคาร์บอนในทางเกษตรกรรม ป่าไม้ และการปฏิบัติเชิงอนุรักษ์รวมถึงการจัดการดินที่ดีจะนำไปสู่การตรึงคาร์บอนในดินที่ดีเช่นเดียวกัน

2.7.1 การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การเกษตร

การจัดการทางการเกษตรส่งผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ซึ่งพื้นที่เกษตรส่วนใหญ่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนได้เป็นอย่างดี และมีศักยภาพในการกักเก็บได้ในปริมาณที่สูงถ้ามีเทคโนโลยีและการจัดการที่เหมาะสม ปัจจุบันแนวคิดเรื่องการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน (Sustainable agricultural development) ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางทางการเกษตร ดังนั้น การจัดการเกี่ยวกับคาร์บอนในดิน ไม่ว่าจะเป็นการใส่ปุ๋ยหมัก การปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อปรับปรุงดิน รวมทั้งมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำล้วนเป็นการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, 2545)

Eaimpraphan (2007) ศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวนาสวนในชุดดินรังสิต เขตชลประทานบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง พบว่า ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยทั้งหมดตลอดฤดูกาลเพาะปลูกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่า 9,282 และ 9,067 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ โดยข้าวทั้งสองพันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยผสมไนโตรเจนดีที่สุดที่อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือ 9,506 และ 9,272 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุดในระยะตั้งท้องซึ่งมีค่า 38 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุดในระยะแตกกอ ซึ่งมีค่า 33 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน

Hongbin et al. (2006) ศึกษาการปลูกพืชหมุนเวียนระหว่างข้าวโพด และถั่วเหลืองเป็นระยะเวลา 26 ปี โดยใช้ปุ๋ยคอกพบว่า มีผลต่ออินทรีย์คาร์บอนในดินและมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินชั้นไถพรวนอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนทดลอง ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักพบว่า สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนทดลองเช่นเดียวกัน และการใช้ปุ๋ยผสมหรือปุ๋ย อนินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหมักจะส่งผลถึงการปรับปรุงดินได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์พียงอย่างเดียว การใช้ปุ๋ย อนินทรีย์สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้แต่จะไม่เพิ่มขึ้นในระยะยาว นอกจากนั้นผลของการใช้ปุ๋ยเป็นระยะเวลา 26 ปี ยังพบว่า ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในแต่ละชั้นดินเพิ่มขึ้น และมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงตามความลึกของดินอย่างมีนัยสำคัญ

Matsumoto et al. (2008) ศึกษาการสะสมคาร์บอนในดินในพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดโดยมีพื้นที่ที่มีการไถพรวนแบบดั้งเดิม พื้นที่ที่มีการมูลวัวจำนวน 1 กิโลกรัมต่อเมตรต่อตารางเมตร 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 เพื่อประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งส่วนเหนือดิน บนผิวดินและใต้ดิน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอินทรีย์คาร์บอนในดินกับคุณสมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร พบว่า ในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณสะสมคาร์บอนทั้งสิ้น 8,368 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งประกอบด้วยการสะสมคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง พืชผิวดินและในดิน 960, 154 และ 7,255 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ตั้งแต่ระยะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวในไร่มันสำปะหลังมีการสะสมคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น 1,631 กิโลกรัมต่อไร่

2.7.2 การกักเก็บคาร์บอนในดิน

การกักเก็บคาร์บอนในดินเป็นมาตรการอย่างหนึ่งในการลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยการเคลื่อนที่ของคาร์บอน อัตราการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนจากอากาศไปสู่ดินซึ่งทำให้คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น และลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากดินกลับสู่ชั้นบรรยากาศ นอกจากนั้นการเคลื่อนย้ายคาร์บอนจากแหล่งที่ปลดปล่อยคาร์บอน (Carbon emissions) ไปยังแหล่งดูดซับคาร์บอน (Carbon absorptions) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมีศักยภาพในการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United State Geological Survey, 2006) ในขณะเดียวกัน การกักเก็บคาร์บอนสามารถนำไปสู่การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเพิ่มขึ้นของผลผลิตซึ่งช่วยประชากรท้องถิ่นทางด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและสังคม (อรรถชัย, 2547)

คาร์บอนเข้าสู่ดินโดยราก ซากพืช เศษวัสดุทางการเกษตร และมูลสัตว์ ซึ่งเป็นการสะสมขั้นต้นของอินทรียวัตถุในดินและการสะสมคาร์บอนสูงสุดที่ใกล้ผิวหน้าดิน ส่วนใหญ่อินทรียวัตถุที่ถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็ว จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ คาร์บอนบางส่วนยังคงอยู่เฉพาะในชั้นดินที่อยู่ในระดับลึกลงไป (อรรถชัย, 2547)

Chidthaisong et al. (2004) ศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิในดินเขตร้อนที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน พบว่า พื้นที่ป่าธรรมชาติมีปริมาณการสะสมคาร์บอนสูงสุด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่เกษตรกรรม ตามลำดับ และพบว่าทุกพื้นที่จะมีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนมากที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

คาร์บอนในดินแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ อนินทรีย์คาร์บอน และอินทรีย์คาร์บอน โดยอนินทรีย์คาร์บอนส่วนมากจะพบในรูปของคาร์บอเนต (CO_3) และมักพบในพื้นที่ที่มีฝนตกน้อย อินทรีย์คาร์บอนจะพบอยู่ในรูปของอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีค่าเป็น 1.724 เท่าของอินทรีย์คาร์บอน (Tippayachan, 2006)

2.7.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มคาร์บอนในดิน

ปริมาณคาร์บอนสะสมสุทธิในดินเกิดจากการเพิ่มปริมาณพืชที่มีคาร์บอนซึ่งส่งให้ดินในรูปเศษใบไม้ กิ่ง ก้าน และโดยเฉพาะทางรากหรือการลดอัตราการย่อยสลาย วิธีเพิ่มผลผลิตซึ่งรวมการคัดเลือกพืชเพาะพันธุ์ ปลูกพืชคลุมดิน การชลประทานและลดความถี่ของการเตรียมดินโดยไม่ได้เพาะปลูกจริง จะช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่เข้าไปสะสมในดิน นอกจากนี้การลดมวลชีวภาพที่นำออกจากพื้นที่ เช่น การเผา เป็นการเพิ่มผลผลิตกลับสู่ดิน อัตราการย่อยสลายจะลดลงในพื้นที่ที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการย่อยสลาย โครงสร้างของดินควบคุมสิ่งมีชีวิตมีผลมากต่อการย่อยสลาย การไถพรวนมีผลต่อโครงสร้างดิน ต่ออากาศและความชื้นในดิน กิจกรรมการรบกวนอื่นๆ มีผลต่อเนื้อดิน แร่ธาตุ และค่าไฟฟ้า การรักษาความชื้นผิวดิน ลดซากพืชและเพิ่มการปกคลุมผิวดินจะทำให้อุณหภูมิลดลง การเพิ่มการถ่ายเทน้ำในช่วงเวลาพอสมควรในรอบปี จะทำให้ดินมีโอกาสแห้งอย่างทั่งถึง เป็นการลดกิจกรรมของจุลชีพนำไปสู่การสะสมเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอน ระบบนิเวศที่ปรับตัวได้โดยไม่ใช้ออกซิเจนจะลดอัตราการย่อยสลายและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ปล่อยก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น การลดการรบกวนจากการเตรียมพื้นที่ การตัดไม้เป็นการลดอัตราการย่อยสลายในดิน (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, 2545)

คาร์บอนที่เข้าสู่ดินนั้นส่วนใหญ่มาจากเศษซากพืชที่ร่วงหล่น ปริมาณของเศษซากพืชที่ร่วงหล่นมานั้นแปรผันตามแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต ปัจจัยที่ส่งผลต่อเศษซากพืชที่ร่วงหล่นนั้น ได้แก่ ชนิดของพืช สภาพแวดล้อม การปฏิบัติต่อการปลูกพืชชนิดนั้น และระยะเวลา โดยทั่วไปแล้วในพื้นที่ปกติผลผลิตที่ได้จาก

การปลูกพืชจะมากกว่าผลผลิตของเศษซากพืชที่ร่วงหล่น ซึ่งสิ่งนี้อาจมีสาเหตุมาจากอายุของพืชที่ปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของพืช (Lichaikul, 2004)

2.7.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของคาร์บอนในดิน

อินทรีย์คาร์บอนในดินบนมีการเปลี่ยนแปลงจากปริมาณมากแล้วลดน้อยลงหลังจากมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Tippayachan, 2006) ปริมาณคาร์บอนในดินที่ลดลงเกิดจากการปฏิบัติในทางตรงข้ามกับการเพิ่มคาร์บอนในดิน คาร์บอนในดินเกษตรกรรมโดยทั่วไปลดลงประมาณร้อยละ 20 ถึง 50 เมื่อเทียบกับสภาพเดิม เท่าที่ผ่านมาผลผลิตที่ต่ำ การเก็บเกี่ยว การเคลื่อนย้ายซากพืช การเตรียมพื้นที่อย่างเข้มข้นและการเตรียมดินโดยไม่เพาะปลูกเป็นเหตุที่นำไปสู่การลดลงของปริมาณคาร์บอนในดิน ในทำนองเดียวกันการจัดการที่ไม่ถูกต้องเป็นสาเหตุสำคัญของการลดลงของคาร์บอนในดินอย่างถาวรต่อประสิทธิภาพในการผลิตป่าไม้ ทุ่งหญ้า พื้นที่เกษตรกรรม การระบายน้ำออกจากพื้นที่ชุ่มน้ำแล้วใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูก ทุ่งหญ้าหรือป่าไม้ทำให้มีการย่อยสลายอย่างรวดเร็วสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนจากดินด้านล่างที่มีคาร์บอนในปริมาณมาก ความเค็มที่เพิ่มขึ้นของดิน ความเป็นกรด การสูญเสียน้ำ ตลอดจนความเสื่อมสภาพอื่นๆ ของดิน มีผลทางลบต่อคาร์บอนในดิน การรบกวนสิ่งคลุมดินโดยมนุษย์ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินโดยลม และน้ำในอัตราที่รวดเร็วกว่าอัตราการเกิดของดิน ซึ่งส่งผลเสียอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการผลิต รวมทั้งคุณภาพน้ำ อากาศ และการพังทลายของดิน ทำให้ดินส่วนที่สมบูรณ์ด้วยสารอินทรีย์ไปอยู่ผิดที่ โดยลดปริมาณคาร์บอนของดินในบางพื้นที่ การพังทลายของดินอาจกระตุ้นการย่อยสลายด้วยสาเหตุจากการแยกส่วน และการใส่สารอินทรีย์เพื่อคุ้มครองผลของการเสื่อมสภาพต่อผลผลิตส่งผลไปถึงสมดุลคาร์บอนในดิน ส่วนที่ชะล้างบางส่วนจะไปอยู่ในพื้นที่ต่ำ และส่วนน้อยจะไหลลงสู่ทะเล การถูกฝังในสภาพขาดอากาศอาจลดการย่อยสลายของสารย่อยสลายที่อยู่เป็นการเพิ่มการดูดซับคาร์บอน คาร์บอนที่สูญเสียจากพื้นที่เกษตรเป็นผลจากการชะล้างของดิน การนำดินที่ไถพรวนไปไว้ในที่ไม่เหมาะสม การทำแร่ในอัตราที่รวดเร็ว การควบคุมการชะล้างและพังทลายของดินจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาและเพิ่มปริมาณคาร์บอนในดิน (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, 2545)

2.8 การไถกลบตอซัง

การเพาะปลูกพืชเกษตรในปัจจุบันมักต้องการให้ได้ผลผลิตมากที่สุด โดยมีการปลูกพืชอย่างต่อเนื่องไม่มีการพักแปลง และเกษตรกรนิยมใช้วิธีการเผาตอซังเพื่อความรวดเร็วในการเตรียมดินสำหรับการเพาะปลูกพืชในรอบต่อไป แต่ความจริงแล้ว วิธีการที่เหมาะสมมากที่สุด คือ การไถกลบตอซัง เนื่องจากเป็นการนำเศษซากพืชหมุนเวียนกลับลงสู่ดิน ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้ดินฟื้นคืนความอุดมสมบูรณ์ มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก และยังช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีได้อีกด้วย

วัสดุตอซังจากแปลงเกษตรกรรมนั้นเป็นวัสดุอินทรีย์ที่ได้มาจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชที่เพาะปลูก ได้แก่ ตอซังพืชตระกูลข้าวต่างๆ พืชตระกูลถั่ว ฟางข้าว เศษต้นพืชแห้งจากข้าวโพด ข้าวฟ่าง ตอซัง และเศษใบอ้อย เศษวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการใช้เครื่องจักรสีเพื่อแยกผลผลิตพวกเมล็ดพืชออกจากส่วนลำต้น 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 ดังนั้นวัสดุเหลือใช้จาก

การเกษตรจำนวน 29 ล้านตัน จะให้ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นปริมาณถึง 2.8, 0.7 และ 5.9 แสนตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่าของปุ๋ยสูงถึง 1,930.2, 741.4 และ 4,371.4 ล้านบาทตามลำดับ รวมเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 7,043 ล้านบาท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

พิเชษฐ (2547) ประเมินการยอมรับของเกษตรกรในการไถกลบโดยรถฟาร์มแทรกเตอร์ในระบบการผลิตของจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ปีการเพาะปลูก 2546 จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อการจัดการกับซากพืชที่เหลือใช้หลังการเก็บเกี่ยว การจัดการซากพืชโดยวิธีการเผาพบว่า ผลกระทบเชิงบวกคือช่วยกำจัดวัชพืช เพิ่มปริมาณโพแทสเซียมให้กับดิน และไม่ต้องการการเตรียมดิน ขณะเดียวกันการจัดการโดยวิธีการเผา ผลกระทบเชิงลบคือ ทำให้โครงสร้างทางกายภาพของดินเสื่อมโทรม มีผลต่อการสูญเสียธาตุอาหารที่อยู่ในดิน และเป็นภัยต่อสุขภาพของเกษตรกร ส่วนผลกระทบที่มีต่อการจัดการกับซากพืชหลังการเก็บเกี่ยวภายใต้วิธีไถกลบนั้น พบว่า ผลกระทบเชิงบวกช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น ลดการสูญเสียอินทรียวัตถุในการบำรุงรักษาดิน และสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับพืชที่เพาะปลูก แต่วิธีการนี้มีผลกระทบเชิงลบคือต้องเพิ่มต้นทุนการผลิต และเตรียมดินไม่ทันต่อฤดูการผลิต ซึ่งผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับของเกษตรกรในการไถกลบโดยรถฟาร์มแทรกเตอร์ในระบบการผลิตโดยแบบจำลองโลจิต (Logit) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกร ได้แก่ อายุของเกษตรกร และระบบพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบข้าวนาปีตามด้วยถั่วเหลืองในฤดูแล้ง เกษตรกรส่วนมากมักไม่ยอมรับวิธีการไถกลบ และยังคงนิยมวิธีการปลูกแบบเผาตอซังโดยไม่มีการเตรียมแปลงเพาะปลูก แต่ในระบบข้าวตามด้วยข้าวโพดหวาน ซึ่งเป็นระบบที่มีความเข้มข้นในการผลิตสูงกว่านั้น พบว่า ปัจจัยทางด้านการศึกษาประสบการณ์ในการเพาะปลูกและขีดความสามารถในการลงทุนจัดการกับซากพืช ทำให้เกษตรกรกลุ่มนี้นิยมใช้วิธีไถกลบซากพืชและมีการเตรียมแปลงสำหรับข้าวโพดหวานที่เป็นพืชตาม ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด ประกอบเกษตรกรกลุ่มนี้เป็นเกษตรกรหัวก้าวหน้าจึงปรับเปลี่ยนมาใช้วิธีการผลิตที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลผลิต พบว่า วิธีการไถกลบให้ผลผลิตเฉลี่ยของพืชทุกชนิดสูงกว่าวิธีการเผาซึ่งเป็นวิธีการดั้งเดิมของเกษตรกร โดยช่องว่างระหว่างผลผลิตของถั่วเหลืองที่ 77.25 กิโลกรัมต่อไร่ ช่องว่างผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ 147.9 กิโลกรัมต่อไร่ และช่องว่างผลผลิตของข้าวที่ 55.2 กิโลกรัมต่อไร่ หรือมีค่าสูงกว่า คิดเป็นร้อยละ 19.6 13.8 และ 7.1 เทียบกับปริมาณผลผลิตที่ได้จากวิธีการไถกลบและเผานั้นพบว่า วิธีการไถกลบให้ผลผลิตบนเส้นพรมแดนได้สูงกว่าเมื่อเทียบกับผลผลิตบนเส้นพรมแดนของวิธีการเผา

อัจฉราวดี (2552) ศึกษาผลของการเตรียมดิน การใช้ตอซังและปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อผลผลิตข้าว อินทรีย์ และพลวัตของอินทรีย์คาร์บอนในดินนา โดยดำเนินการทดลองในดินร่วนเหนียวปนทรายวางแผนการทดลองแบบสปลิท พลอท จัดการแปลงหลักแบบการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Split plot in CRD)มีการไม่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวและการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว (C:N) อัตรา 350 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นองค์ประกอบใหญ่คอนฟาวน์กับบลอค (Main plot) และมีการไถ 3 แบบเป็นองค์ประกอบย่อย (Sub plot) ได้แก่ 1) ไถพลิกหน้าดิน (ไถกลบตอซัง 1,500 กิโลกรัมต่อไร่) 2) ไถพลิกหน้าดินตามด้วยไถแปร 3) ไถพลิกหน้าดินตามด้วยไถแปรและทำเทือก รวม 6 ตำรับๆ ละ 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าการไถกลบตอซัง ไถแปรและทำเทือกทำให้ความหนาแน่นรวมของดินสูงกว่าไถกลบตอซัง การไถเตรียมดินส่งผลให้มีจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่เพิ่มเติม แต่ไม่มีผลต่อผลผลิตข้าว การไถมีผลต่อพลวัตของอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดยที่การไถกลบต่อซังเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินสูงกว่าการไถหลายครั้งและทำเทือก คาร์บอนทั้งหมดในดินมีปริมาณลดลงตามจำนวนครั้งของการไถที่เพิ่มขึ้น การทำเทือกส่งผลให้ค่าคาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน 14.7 – 16.3 กรัมต่อตารางเมตร และมีแนวโน้มลดลงตามเวลาตลอดฤดูปลูก ในขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่มีผลต่อคาร์บอนที่

ละลายน้ำในดิน ความหนาแน่นของซากอินทรีย์เพิ่มขึ้นหลังไถกลบตอซัง 571.3 กรัมต่อตารางเมตร จำนวนครั้งของการไถที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณซากอินทรีย์น้อยลง โดยที่การทำเทือกให้น้ำหนักแห้งซากอินทรีย์อยู่ในช่วง 332.7 – 435.7 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนน้ำหลักแห้งของรากข้าวเพิ่มขึ้นตลอดฤดูปลูก อินทรีย์คาร์บอนในดินขณะสลายตัวจะปลดปล่อยธาตุอาหารพืชไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน แคลเซียม แมกนีเซียม และธาตุอาหารพืชอื่นๆ การไถกลบตอซังตามด้วยไถแปรและทำเทือกส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดตลอดฤดูปลูก 794 – 900 กรัมมีเทน ต่อตารางเมตร เพิ่มขึ้น 25 - 61 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 350 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 19 – 27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับการไถกลบตอซังตามด้วยไถแปรและทำเทือกส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตของข้าว 2,519 – 2,680 กรัมมีเทน ต่อตารางเมตร ผลผลิตซึ่งสูงกว่าของการไถกลบต่อซัง 391 – 395 กรัมมีเทน ต่อตารางเมตร ดังนั้น การลดการไถพรวนและการไม่ทำเทือกนอกจากจะช่วยลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวแล้วยังไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว และยังส่งเสริมการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินนา

อนันต์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพอาศัยน้ำฝน โดยทำการทดลองที่แปลงนาเกษตรกร บ้านม่วงใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2553 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี คือ (1) ไถกลบตอซังข้าว (2) ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับใส่ปุ๋ยคอก (3) ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และ (4) ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ร่วมกับการไถกลบตอซังข้าวมีผลทำให้ความสูงของข้าว จำนวนหน่อต่อกอ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินที่ระยะ 30 วันหลังปักดำ มีความแตกต่างกันทางสถิติ กรรมวิธีการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ข้าวมีความสูงมากที่สุด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำและการไถกลบตอซังมีผลทำให้พื้นที่ใบ จำนวนหน่อและน้ำหนักแห่งส่วนเหนือดินสูงสุด ที่ระยะเริ่มสร้างรวงอ่อนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ร่วมกับการไถกลบตอซังข้าว ไม่มีผลทำให้จำนวนหน่อต่อกอ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินมีความแตกต่างทางสถิติ แต่พบว่า การไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์น้ำให้ความสูงข้าวสูงสุด อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่า น้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินและจำนวนรวมต่อกอมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ร่วมกับการไถกลบตอซัง กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการไถกลบตอซังข้าวให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุด (32.03 กรัมต่อกอ) และจำนวนรวมต่อกอสูงสุด (12 รวงต่อกอ) และให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด (429 กิโลกรัมต่อไร่) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (389 กิโลกรัมต่อไร่) การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการไถกลบตอซังข้าวให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการไถกลบตอซังอย่างเดียว

มัลลิกา (2545) ศึกษาอิทธิพลของวิธีการใส่ และเวลาในการไถกลบซากถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกตาม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอค ทำการทดลองที่แปลงนาในเขตชลประทานของเกษตรกร บ้านนาเรียง อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 ซึ่งเกษตรกรปลูกถั่วลิสงในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ในระหว่างที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวถั่วลิสงได้สุ่มวัดการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วลิสงได้ผลผลิตดังนี้คือ น้ำหนักแห้งซากเท่ากับ 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตฝักแห้ง 617 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนักแห้งซากที่ใส่ในกรรมวิธีที่ได้รับการใส่ซากถั่วลิสงจะได้รับในอัตรานี้ คือ 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ นำซากถั่วลิสงคืนสู่แปลงในกรรมวิธีที่ 2 3 4 และ 5 เมื่อวันที่ 12 มิถุนายน กรรมวิธีที่ 6 และ 7 วันที่ 30 มิถุนายน กรรมวิธี

ที่ 8 และ 9 วันที่ 14 กรกฎาคม และกรรมวิธีที่ 10-13 วันที่ 21 กรกฎาคม ในปีเดียวกัน 2542 ปักดำข้าวในวันที่ 27 กรกฎาคม 2542 เก็บเกี่ยวในวันที่ 21-22 พฤศจิกายน 2542 จากผลการศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ซากถั่วลิสงโดยวิธีการ และเวลาต่างๆ ทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ซากถั่วลิสง (นำซากออกจากแปลง) ข้าวที่ได้รับการใส่ซากถั่วลิสงมีการเจริญเติบโต และผลผลิตสูงกว่าข้าวที่ได้รับเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัส(P)และ โพแทสเซียม(K) และมีแนวโน้มให้ค่าดังกล่าวสูงกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตราแนะนำ กรรมวิธีที่มีการไถกลบซากถั่วลิสงทันทีหลังเก็บเกี่ยว มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโต และผลผลิตสูงกว่าการวางซากไว้บนแปลง เวลาการไถกลบซากถั่วลิสง ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวแตกต่างกัน จากการเปรียบเทียบ กรรมวิธีต่างๆ พบว่า การไถกลบซากถั่วลิสงทันทีหลังเก็บเกี่ยวซากถั่วลิสง ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พร้อมปักดำ และปุ๋ยไนโตรเจนในระยะข้าวสร้างรวงอ่อนในอัตรา 2.3 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (5 กิโลกรัมยูเรียต่อไร่) ทำให้ผลผลิตข้าวสูงสุด คือ 543 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือกรรมวิธีที่มีการไถกลบซากถั่วลิสงก่อนปักดำข้าว 1 เดือนร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พร้อมปักดำ และปุ๋ยไนโตรเจน ในระยะสร้างรวงอ่อน ซึ่งทำให้ผลผลิตของข้าวเท่ากับ 534 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่มีการไถกลบซากถั่วลิสงก่อนปักดำข้าว 7 วัน ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและ โพแทสเซียม พร้อมปักดำ และปุ๋ยไนโตรเจนในระยะสร้างรวงอ่อน ทำให้ผลผลิตของข้าวเท่ากับ 532 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะข้าวสร้างรวงอ่อนจำเป็นในกรณีที่มีการใส่หรือทิ้งซากไว้นาน (ใส่เร็ว) ในขณะที่การใส่ซากช้า โดยเฉพาะในช่วง 7 วัน ก่อนปักดำ จะทำให้ธาตุอาหารโดยเฉพาะ ไนโตรเจน เหลืออยู่เพียงพอกับความต้องการของข้าว

2.9 พลวัตรของคาร์บอนในดิน

คาร์บอนในดินมีปริมาณมากกว่าคาร์บอนในพืชประมาณ 5 เท่า และเป็นสัดส่วนที่มากขึ้นในพื้นที่ทุ่งหญ้าและพื้นที่ชุ่มน้ำ พลวัตรของคาร์บอนในดินมีความสำคัญต่อสมดุลคาร์บอน (Carbon budgets) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในพืช ตามมาตรา 3.4 ของพิธีสารเกียวโตกล่าวถึงดินในพื้นที่เกษตรไว้ว่า คาร์บอนจะเข้าสู่ระบบนิเวศโดยการสะสมของมวลชีวภาพเหนือดิน แต่คาร์บอนเกินครึ่งหนึ่งผ่านลงใต้ดินทางราก โดยการดึงดูดของสารอินทรีย์จากราก และส่วนที่ร่วงหล่นของต้นไม้ไปอยู่ในดิน ดินจึงเป็นส่วนสะสมที่สำคัญของปริมาณคาร์บอนในระบบนิเวศ ซึ่งปริมาณคาร์บอนในดินจะเข้าสู่สมดุล และเมื่ออัตราสะสมและอัตราการย่อยสลายเปลี่ยน ปริมาณคาร์บอนในดินก็จะเปลี่ยน ส่วนระบบนิเวศในพื้นที่เกษตรกรรม (Cropland ecosystem) ปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นอยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุของพืชใต้ดิน และดินในระบบนิเวศนี้มีอัตราการดูดซับคาร์บอนประจำปีเป็นจำนวนมาก ซึ่งปริมาณคาร์บอนเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในรูปของผลผลิตการเกษตร วัสดุเหลือใช้ และจะถูกปล่อยออกไปสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็วเมื่อมีการเก็บเกี่ยว ถึงแม้ว่าจะถูกดูดซับกลับมาใหม่ในระหว่างฤดูกาลการเพาะปลูกต่อมา ดินในพื้นที่การเกษตรจำนวนมากเป็นแหล่งสะสมคาร์บอน ในปัจจุบันการทำเกษตรกรรมแบบไม่มีการไถพรวนต่ำได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากเป็นมาตรการในการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, 2545)

พลวัตรของคาร์บอนในดินภายใต้ระบบนิเวศขึ้นอยู่กับความสมดุลของการใช้คาร์บอน โดยการสังเคราะห์แสงและการใช้ของอินทรีย์วัตถุ และการสูญเสียคาร์บอนจากพืช สัตว์ และการย่อยสลาย การเผาไหม้ การเก็บเกี่ยว และการสูญเสียอื่นๆ ส่วนมากการใช้ระบบนิเวศโดยมนุษย์มักนำไปสู่การลดลงของปริมาณคาร์บอนเมื่อเทียบกับระบบที่ถูกรบกวนน้อย ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนทุ่งหญ้าและป่าไม้ไปทำการเกษตรมักทำให้สูญเสียคาร์บอนที่สะสมบนดินและใต้ดิน และเร่งการคายน้ำเมื่อเทียบกับการสังเคราะห์แสง เป็นผลให้

ปริมาณคาร์บอนที่สะสมลดลงจนอัตราการใช้และสูญเสียคาร์บอนกลับมาเท่ากัน ในทางตรงกันข้ามการเปลี่ยนแปลงการจัดการที่ก่อให้เกิดการใช้มากกว่าการสูญเสียจะทำให้ปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอัตราการสูญเสียเท่ากับอัตราการใช้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนเทียบกับที่ควรจะเพิ่มสามารถทำได้โดยปรับเปลี่ยนการจัดการหรือสภาพแวดล้อมมี 2 วิธีใหญ่ในการเพิ่มปริมาณคาร์บอนคือ

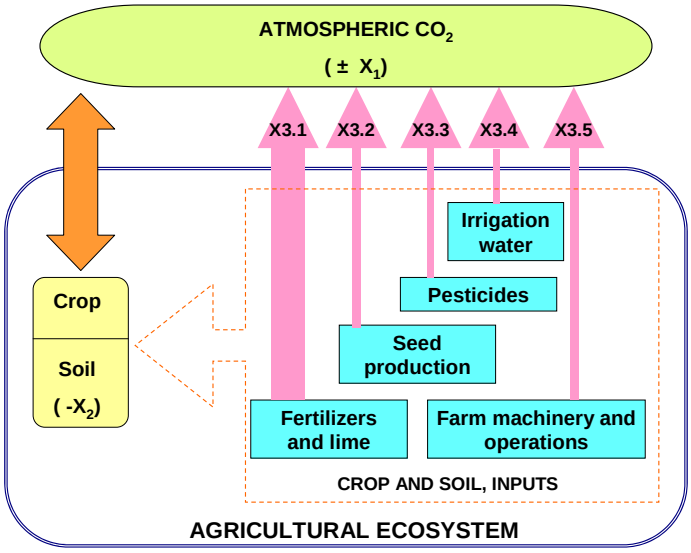
1) การเปลี่ยนการใช้ที่ดินไปสู่การใช้ที่ดินที่มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าโดยทั่วไป เช่น การเปลี่ยนสิ่งปกคลุมดิน เช่น การเปลี่ยนพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นทุ่งหญ้า เป็นต้น

2) เปลี่ยนการจัดการในพื้นที่โดยไม่เปลี่ยนสิ่งปกคลุมดิน เช่น การนำพันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงขึ้นไปปลูกในทุ่งหญ้า ลดการไถพรวนในพื้นที่การเกษตร การฟื้นฟูป่าไม้

การเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนในดินทำให้เกิดประโยชน์ 2 ประการ คือ การยกระดับคุณสมบัติของดิน และด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพของดิน การเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช และคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น โครงสร้างของดิน ความลึกที่รากสามารถไชชอนลงไปในดินได้ การซึมซาบของน้ำ และปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันดินก็จะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกไปสู่บรรยากาศโดยผ่านขั้นตอนต่างๆ เช่น การทำเกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น (Tippayachan, 2006) นอกจากนั้นแล้วเมื่อมีการจัดการซากพืช และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะสูงและคงที่ เนื่องจากเกิดภาวะสมดุลระหว่างการสูญเสียคาร์บอน ในรูป CO_2 กับที่ได้รับกลับคืนจากการไถกลบซากพืชและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

2.10 การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน

West and Marland (2002) ได้ประเมินอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิจากพืชสามชนิด คือ ข้าวโพด ถั่วเหลืองและข้าวสาลีในฤดูหนาว จากการเพาะปลูก 3 รูปแบบ โดยใช้รูปแบบจำลองของวัฏจักรคาร์บอน ในวัฏจักรคาร์บอนประกอบด้วยการประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนจากปัจจัยทางการเกษตรต่าง ๆ ได้แก่ การใส่ปุ๋ย การชลประทาน และอื่นๆ นอกจากนี้ยังศึกษากับการกักเก็บคาร์บอน ผลที่ได้คืออัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิต่อเวลา จากการศึกษาค่าเฉลี่ยการใช้ปัจจัยทางการเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า การไม่ไถพรวนมีค่าปลดปล่อยสุทธิของคาร์บอน137 กิโลกรัมคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งน้อยกว่าการไถพรวนของเกษตรกรทั่วไป คือ 168 กิโลกรัมคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ในระยะ 1 ปี ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงจากการไถพรวนจะช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนและลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ อันเนื่องมาจากลดการใช้เชื้อเพลิงและจากปัจจัยการผลิตพืช อย่างไรก็ตามการประเมินค่าอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ จะเป็นไปตามชนิดพืชที่เพาะปลูกและภูมิอากาศและค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย สามารถนำไปใช้กับปัจจัยการผลิตทางการเกษตรต่างๆได้ ซึ่งจะนำไปใช้ในการประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิโดยมีเงื่อนไขเดียวกันได้ (ภาพที่ 2)



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

ในการเกษตร คาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยโดย 1.การสลายตัวของเศษพืชและอินทรีย์คาร์บอนในดิน ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของการไถพรวน 2.กระบวนการผลิตและการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร 3.การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลทางการเกษตร และ 4.การเผาไหม้หรือการหายใจของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจากกระบวนการกักเก็บมาจากการสังเคราะห์แสงและการกักเก็บคาร์บอนในดิน การลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสามารถทำได้จากการเปลี่ยนแปลงวิธีการไถพรวน การเก็บกักคาร์บอนในทางเกษตร สามารถทำได้จากการลดการชะล้างพังทลายของดิน การเพิ่มคันดินและเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน สิ่งต่างๆ เหล่านี้สามารถเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยเป้าหมายในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ สามารถแสดงให้เห็นได้จากอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในบรรยากาศ ผลการประเมินแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยในระบบนิเวศวิทยาจากการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เช่น การชลประทาน การใส่ปุ๋ยและการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

การกักเก็บคาร์บอนและปลดปล่อยคาร์บอน สามารถคาดคะเนได้จากการหมุนเวียนคาร์บอนทั้งหมดในระบบ Odum (1983) ซึ่งการวิเคราะห์ในระบบนิเวศวิทยาต้องกำหนดขอบเขตที่แน่ชัดเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเริ่มต้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกสู่บรรยากาศจะแสดงเป็นค่าบวก และจะเป็นค่าลบ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรยากาศ สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่เก็บสะสมและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดย คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Watson et al., 2000)

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม ไฮบริกซ์ 3
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0
3. วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ แกลบ ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยกรดซิลิคอน และผงซิลิกา
4. กระบอกเก็บก๊าซระบบปิดแบบยึดติด (Closed static chamber)
5. เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบพกพา (Portable CO_2 analyzer**)**
6. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ประกอบด้วย พลั่วสนาม ถุงพลาสติก ปากกาเคมี เชือก เครื่องชั่งผลผลิตพืช ไม้บรรทัด

วิธีการ

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

ตำรับการทดลองที่ 1 ควบคุม (ถอนตอซัง)
ตำรับการทดลองที่ 2 ไถกลบตอซัง
ตำรับการทดลองที่ 3 เผาตอซัง

ตำรับที่ 1 คือตำรับที่นำตอซัง รวมทั้งรากออกจากแปลงทดลอง ตำรับที่ 2 คือไถกลบตอซังข้าวโพดหลังจากเก็บเกี่ยว ส่วนตำรับที่ 3 คือเผาตอซังข้าวโพดหลังจากเก็บเกี่ยว

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 ข้อมูลดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยสุ่มเก็บในแต่ละแปลงย่อย ได้แก่ ก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว โดยเก็บตัวอย่างดินจากระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี อาทิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH), อินทรียวัตถุ (Organic matter –OM), ธาตุอาหารหลักและรอง ตลอดจนทางกายภาพของดิน อาทิ ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ความชื้นของดิน (Soil Moisture) เป็นต้น

2.2 ข้อมูลพืช

สุมเก็บตัวอย่างข้าวโพดในแต่ละแปลงย่อย ขนาดพื้นที่ 3X4 เมตร แยกวัดหาน้ำหนักสด ต้น ใบ ราก และฝัก และนำไปอบ เพื่อหาน้ำหนักแห้ง และผลผลิตข้าวโพด

2.3 ข้อมูลก๊าซ

สุ่มเก็บตัวอย่างก๊าซในแปลงทดลองทั้งหมด โดยกระบอกเก็บก๊าซระบบปิดแบบยึดติด รูปทรงกระบอก ขนาด 30X30 เซนติเมตร ตั้งอยู่ที่ผิวดินแปลงย่อยละ 1 จุด ทำการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด้วยเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบพกพา ทุกเดือน (ภาพที่ 3) โดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมดินถึงช่วงเก็บเกี่ยว และช่วงเวลาหลังไถกลบตอซังซึ่งจะทำการวัดทุก 15 วันอีก 6 ครั้ง (3 เดือน) ผลที่ได้คำนวณอยู่ในรูปปริมาณคาร์บอนสุทธิ (Net carbon budget)

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาความแตกต่างของแปลงทดลองด้วยค่าวิเคราะห์ความตกต่างความแปรปรวน(Analysis of Variance – ANOVA) posthoc testing with Fisher's least significant difference (ANOVA – LSD) ที่ P = 0.05 (P<0.05)

ภาพที่ 3 การวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินโดยเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบพกพาจากกระบอกเก็บก๊าซระบบปิดแบบยึดติดในแปลงทดลอง

ระยะเวลาดำเนินการ

ทำการทดลองเป็นเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2551-2553)

สถานที่ดำเนินการ

ทำการทดลองในพื้นที่ 3 แห่ง ประกอบด้วย

1) สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดชลบุรี
2) แปลงเกษตรกรเขตพัฒนาที่ดิน จังหวัดลพบุรี
3) ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินจังหวัดนครราชสีมา

ผลและวิจารณ์ผลการการทดลอง

1. ข้อมูลดิน (Soil information)

ผลการศึกษาลักษณะดินเพื่อทำ Profile description สามารถสรุปได้จาก ลักษณะดินในพื้นที่ทดลอง 3 แห่ง ประกอบด้วย (ภาพที่ 4)

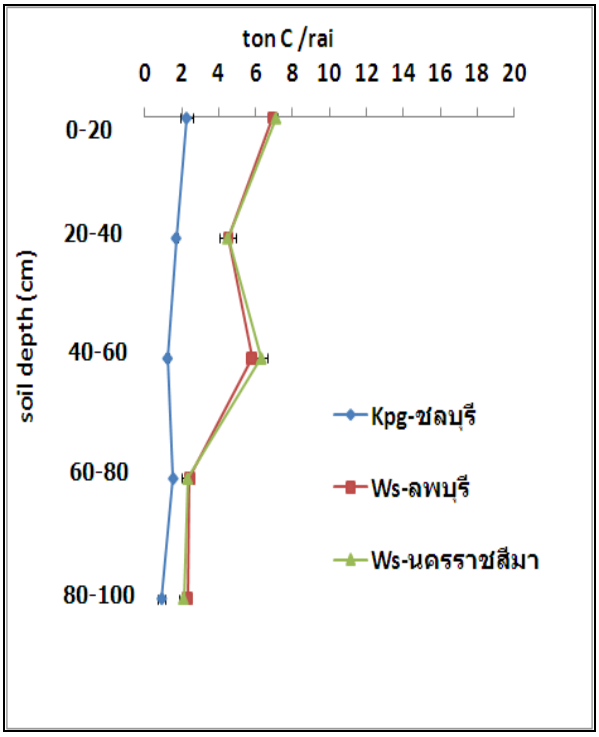
1) สถานีพัฒนาที่ดิน จังหวัดชลบุรี: ชุดดินเขาพองที่มีธาตุเป็นด่างสูง และเป็นดินทราย มีเนื้อดินบนเป็นทรายปนดินร่วน มีความลาดชัน 2-5 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก (Kpg: Khao Phong high base saturation, Sandy, 2-5% slopes, deep) สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน เป็น Sandy, siliceous, semi-active, isohyperthermic: Lamellic Paleustults จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 44

2) แปลงเกษตรกรเขตพัฒนาที่ดิน จังหวัดลพบุรี: ชุดดินวังสะพุง มีเนื้อดินบนเป็นดินเหนียว มีความลาดชัน 2-5 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก (Ws: Wang Saphung clay, 2-5% slopes, deep) สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน เป็น Fine, mixed, active, isohyperthermic: Typic Haplustalfs จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31

3) ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา: ชุดดินวังสะพุงที่มีธาตุเป็นด่างต่ำ มีเนื้อดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง มีความลาดชัน 2-5 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก (Ws-lb: Wang Saphung low base saturation, silty clay, 2-5% slopes, deep) สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Fine, mixed, isohyperthermic: Kandic Paleustults จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29

ภาพที่ 4 แปลงทดลองการศึกษาพลวัตรในดินจากการไถกลบตอซังข้าวโพดในประเทศไทย

สำหรับลักษณะของดินทั้ง 3 แห่งสามารถนำมาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนที่เก็บในดิน (Soil carbon stock) โดยทั่วไปก่อนการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ปริมาณคาร์บอนที่เก็บอยู่ในดิน (Soil C stock) ตลอดความลึก 1 เมตร ในแปลงทดลอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของดิน ก่อนดำเนินการ และ สิ้นสุดการทดลองใน แปลง จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา

ตำรับ	ช่วงเวลาทำการวิจัย	OM (%)	Avai. P (มก. /กก.)	Extract. K (มก. /กก.)	pH
จ.ชลบุรี					
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
จ. ลพบุรี					
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
จ.นครราชสีมา					
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

2. การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (CO_2 emissions from soil)

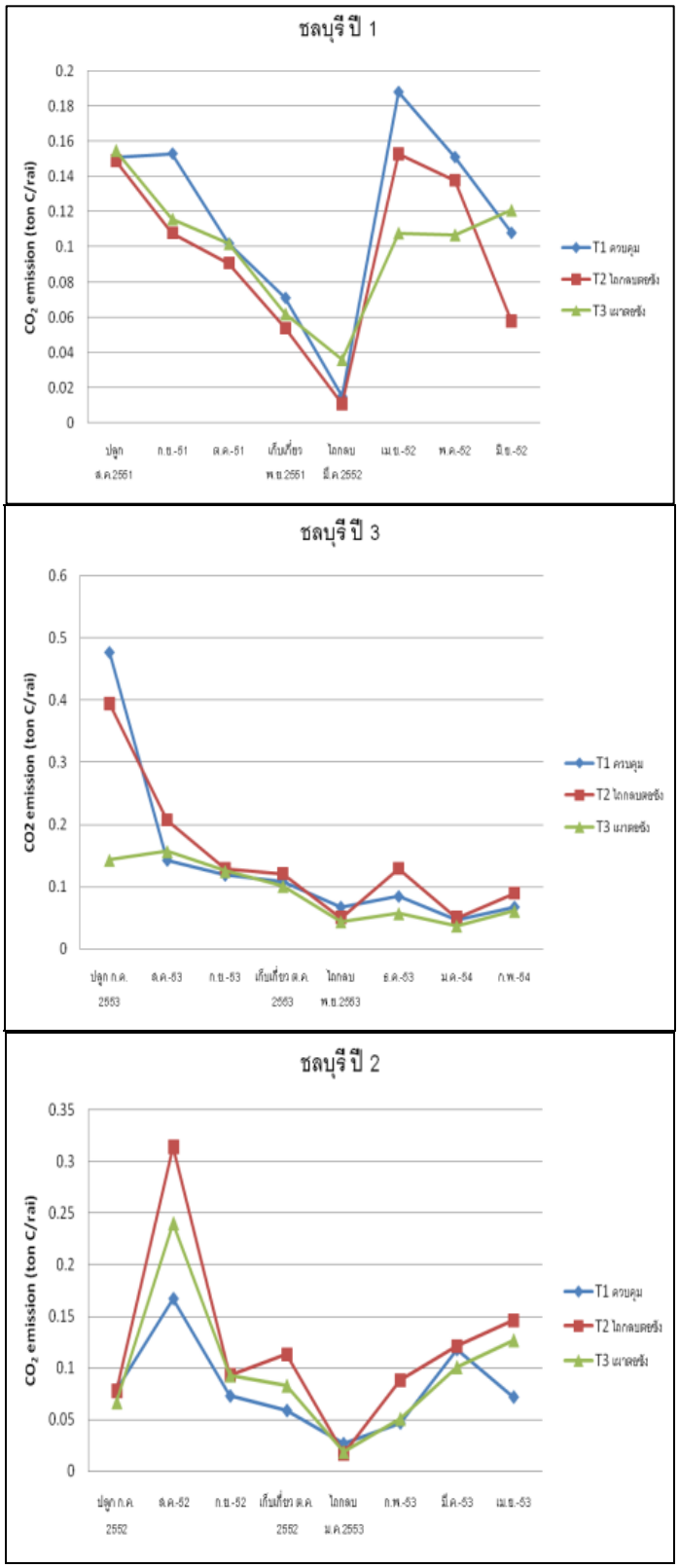
จากภาพที่ 6-8 แสดงค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากดินในแต่ละตำรับการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่เริ่มปลูกในเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 120 วัน หลังจากนั้นจะมีการพักดินประมาณ 1-2 เดือน และจะทำการไถกลบตอซัง ซึ่งการทดลองได้ทำการวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากดินโดยเปรียบเทียบในวิธีการที่ต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง เป็นเวลา 8 เดือน ทำการทดลอง 3 ปี ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากดินในพื้นที่ทดลองทั้ง 3 แห่ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีการปลดปล่อยจากดิน

ตลอดทั้งฤดูปลูก เฉลี่ย 3 ปี มีค่า 0.899 0.957 และ 0.756 สำหรับแปลงจังหวัดชลบุรี ส่วนจังหวัดลพบุรี 0.543 0.556 และ 0.555 จังหวัดนครราชสีมามีค่า 0.550 0.558 และ 0.557 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และเผาตอซัง ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามตำรับไถกลบตอซัง มีแนวโน้มค่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงกว่าตำรับอื่นๆ (ตารางที่ 2) จากการทดลองนี้พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากดินในพื้นที่ทดลองทั้ง 3 แห่ง จะมีค่าสูงในช่วงฤดูฝน ดังนั้นการศึกษาอย่างละเอียดเพิ่มขึ้น เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยอื่นๆ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดินกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากดินจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

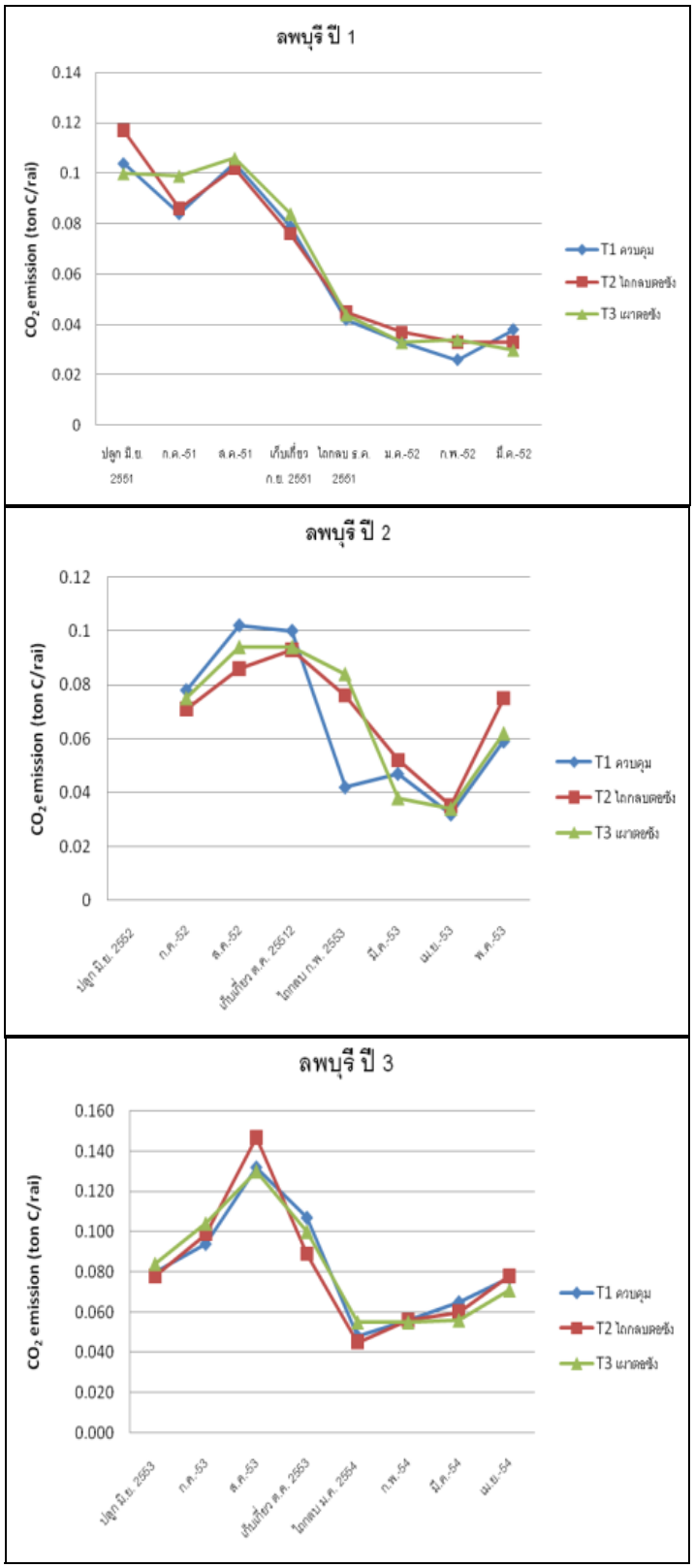
3. สมบัติของดิน (Soil properties)

การศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน โดยการเปรียบเทียบภาพรวมก่อนและหลังการทดลอง พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย สำหรับ แปลง จังหวัดชลบุรี และ จังหวัดลพบุรี ในขณะที่แปลง จังหวัดนครราชสีมาไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 1) สามารถอธิบายได้ว่าการไถกลบตอซังพืชหรือแม้กระทั่งการจัดการที่ไปรบกวนหน้าดินมีผลทำให้กิจกรรมของการย่อยสลายของจุลินทรีย์มากขึ้น ทำให้มีการนำอินทรีย์คาร์บอน ที่มีอยู่ในดินมาใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มากขึ้น และจะมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณของอินทรีย์สารที่เติมลงไปมีไม่มากพอ จะมีผลต่อการลดลงของอินทรียวัตถุในดินได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการการไถกลบตอซังอาจจะไม่เพียงพอที่จะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดินให้สูงอย่างเพียงพอต่อดิน ดังนั้นแนวทางที่ควรตระหนักคือ ควรมีการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดิน ซึ่งอัตราและชนิด ได้แนะนำโดยทั่วไปอยู่แล้วโดยกรมพัฒนาที่ดิน

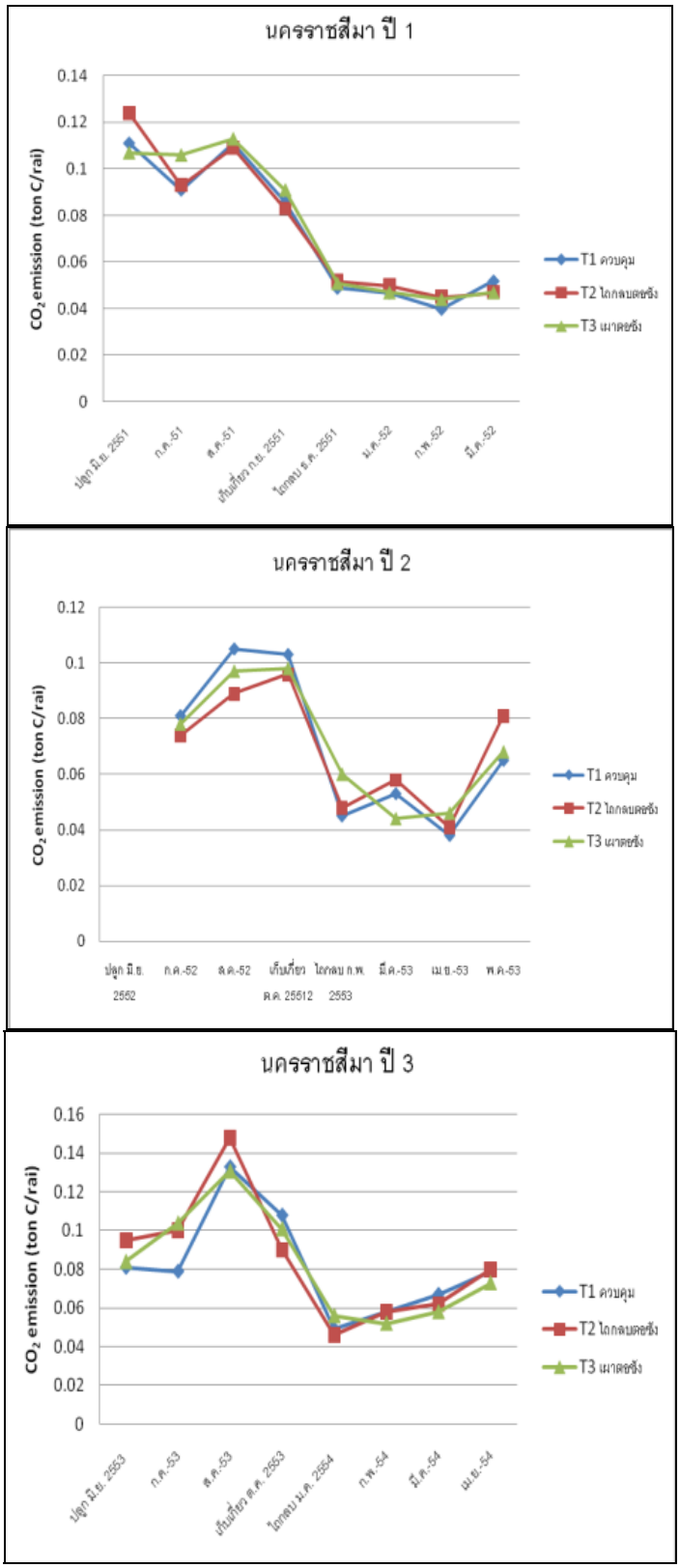
นอกจากนี้ผลการทดลองพบว่าลักษณะของดินที่แตกต่างกัน ให้ผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินไม่เท่ากัน โดยเฉพาะในดินทราย (แปลงทดลองจังหวัดชลบุรี) นั้น การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินมีค่าสูงกว่าในดินเหนียวของแปลง จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา โดยเฉพาะ ในช่วงหลังไถกลบตอซังในทุกวิธีทดลอง พบว่ามีการเพิ่มอย่างเห็นได้ชัดในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง ตามที่แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 6, 7 และ 8



ภาพที่ 6 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และ เผาตอซัง ของ จังหวัดชลบุรี ในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)



ภาพที่ 7 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และ เผาตอซัง ของจังหวัดลพบุรี ในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)



ภาพที่ 8 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงควบคุม ไถกลบตอซัง และ เผาตอซัง ของ จังหวัดนครราชสีมาในฤดูปลูก ปีที่ 1, 2 และ 3 (ตันคาร์บอนต่อไร่)

ตารางที่ 2 ปริมาณรวมและค่าเฉลี่ย 3 ปี ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ตันคาร์บอนต่อไร่) จากแปลงทดลอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และจังหวัดนครราชสีมา (± 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
จังหวัดนครราชสีมา	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

4. มวลชีวภาพของข้าวโพด

น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และ ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพด จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมาแสดงในตารางที่ 3 ทั้งนี้ตัวอย่างข้าวโพดจากส่วนต่างๆ ได้ถูกทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร และอินทรีย์คาร์บอนในรูปเปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้ถูกนำไปคำนวณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพ ที่ลงสู่ในดิน จากส่วนต่างๆของพืช ตลอดจนคำนวณหาค่าการสูญเสียปริมาณคาร์บอนในรูปแบบของการเผาตอซัง การคำนวณต่างๆเหล่านี้ ใช้ข้อมูลของมวลชีวภาพ จากตารางที่ 3 และสามารถสรุปค่าการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย 3 ปี ของน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ราก และ ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพด จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา (ตันคาร์บอนต่อไร่)

ตำรับ	น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ (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
จังหวัดนครราชสีมา			
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

หมายเหตุ : ทำการเก็บตัวอย่างเพื่ออบแห้ง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง ณ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน ช่วง 3 ปี (พ.ศ. 2551 – 2553)

ตารางที่ 4 ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิ (Net C budget) เฉลี่ย 3 ปี ของ จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี
. และ จังหวัดนครราชสีมา (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
จังหวัดนครราชสีมา			
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

<u>หมายเหตุ</u> + คาร์บอนปลดปล่อยสู่บรรยากาศ: - เก็บกักคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศลงสู่ดิน

5. การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน (Net carbon budget)

การประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดินเพื่ออธิบายสมดุลของคาร์บอนในระบบนิเวศน์ของดินโดยตารางที่ 4 แสดงผลการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดินเฉลี่ย 3 ปีในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากดิน จากขบวนการหายใจของดิน และ การเผามวลชีวภาพหรือตอซังพืช ซึ่งจะเป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่บรรยากาศเช่นเดียวกัน สำหรับค่าการปลดปล่อยคาร์บอนที่ออกไปจากดิน จะใช้สัญลักษณ์ (+) อธิบายแสดงการปลดปล่อยคาร์บอนออกไปจากดินไปสู่บรรยากาศ ส่วนค่า (-) จะหมายถึงค่าการเก็บกักคาร์บอนจากบรรยากาศกลับสู่ดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของมวลชีวภาพจากพืชและสัตว์ที่ลงสู่ดิน ค่าสมดุลของคาร์บอนที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายในรูปของการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน โดยผลการทดลองจากแปลงทดลองทั้งสามแห่ง คือ จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา พบว่าแปลงไถกลบตอซัง มีค่าการปลดปล่อยสุทธิลดลงเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม (การถอนตอซังออก หรือ การไถโดยไม่มีตอซัง) มีค่าเฉลี่ย + 0.727 +0.130 และ +0.146 ตันคาร์บอนต่อไร่ เมื่อเทียบกับแปลงควบคุม ซึ่งมีค่า +0.899 +0.543 และ +0.550 ตันคาร์บอนต่อไร่ใน จังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า ค่าการปลดปล่อยสุทธิของคาร์บอนจากแปลงเผาตอซังมีค่าสูงกว่าแปลงควบคุม โดยพบว่าแปลงทดลองจังหวัดชลบุรี จังหวัดลพบุรี และ จังหวัดนครราชสีมา ให้ค่าการปลดปล่อยสุทธิโดย

เฉลี่ย สูงกว่าแปลงควบคุม โดยมีค่า +1.021 +0.833 และ +0.779 ตันคาร์บอนต่อไร่ ในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง ตามลำดับ ผลของการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการไถกลบตอซัง มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน จากการลดการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม อย่างไรก็ตามวิธีการเผาตอซัง พบว่าเป็นการเพิ่มการปลดปล่อยคาร์บอนในดินในพื้นที่ทั้ง 3 แห่งเช่นกัน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินจากแปลงทดลองทั้ง 3 แห่ง ตลอด 3 ปี พบว่าในแต่ละปี การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในแปลงควบคุม แปลงไถกลบตอซัง และแปลงเผาตอซัง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินทั้ง 3 แห่ง ตลอด 3 ปี พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหาร มีความแตกต่างกันเล็กน้อย

การจัดการตอซังข้าวโพด โดยการไถกลบตอซัง มีค่าปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดินน้อยกว่าแปลงควบคุมถอนตอซัง และแปลงเผาตอซัง

กล่าวโดยสรุป การไถกลบตอซังข้าวโพด สามารถช่วยให้มีการเก็บกักคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น จากการลดการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิได้ในดิน อย่างไรก็ตามการเผาตอซัง มีผลต่อการเพิ่มการปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิในดิน ซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อนได้เช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษา เรื่องการไถกลบตอซัง ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดิน ชี้ให้เห็นว่า แนวทางการรณรงค์ ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ให้เกษตรกรงดเผาตอซัง โดยการไถกลบแทนนั้นถูกต้อง และเป็นไปตามหลักวิชาการ คือ นอกจากจะเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดินแล้ว ทำให้รูปแบบของการจัดการดินและพืชในระบบการปลูกพืชของเกษตรกร โดยเฉพาะข้าว ข้าวโพด และอ้อย มีความเหมาะสม ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ โครงสร้างของดินดีขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นทั้งนี้ เนื่องมาจากการมีอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นนั่นเอง ถึงแม้ผลการทดลองครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงในสมบัติของดินเพียงเล็กน้อย แต่มีการยืนยันว่า การเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดินนั้น จำเป็นต้องใช้เวลาเพื่อให้ดินปรับสมดุลทางนิเวศของดิน ซึ่งจะทำให้ดิน และที่ดินที่ถูกใช้เพาะปลูกในการเกษตร มีความอุดมสมบูรณ์และสามารถถูกใช้ได้อย่างยั่งยืน

อนึ่ง ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้ คือ การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินครั้งนี้ ก็คือ การเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุในดินนั่นเอง เนื่องจากคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสำคัญของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งอินทรียวัตถุในดินเป็นดัชนีตัวชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ในดินตัวหนึ่งในการประเมินความอุดสมบูรณ์ในดินสำหรับการปลูกพืชการเกษตร ดังนั้นการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนหรืออินทรียวัตถุในดิน ผลการศึกษาที่ได้ย่อมมีผลต่อการวางแผน การจัดการดินและพืช ซึ่งเป็นพื้นฐานหนึ่งของการวางระบบการพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตร อย่างไรก็ตาม งานวิจัยต่อยอดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุในดินนั้น ควรจะทดลองต่อเนื่องและกำหนดระยะเวลาให้เป็นรูปแบบของการทดลองระยะยาว (Long term research) ซึ่งจะส่งผลให้ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในภาคสนามรวมทั้งตัวเกษตรกรเอง มีความมั่นใจในผลการศึกษาต่อการเพิ่มผลผลิตภายใต้การจัดการระบบพัฒนาที่ดินที่ถูกต้องเหมาะสม และสามารถตอบโจทย์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในการเพิ่มผลผลิตการเกษตร โดยลดต้นทุนการผลิตภายใต้โครงการพัฒนาการเกษตรในรูปแบบของการจัดการที่ดินแบบยั่งยืนต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ศูนย์ศึกษาพัฒนาเขาหินซ้อนและกรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และข้อมูลในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

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

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. **ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 11/2547. กรมวิชาการเกษตร. 126 น.

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์. 2545. **การศึกษาและจัดทำรายงานแห่งชาติ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**. มหาวิทยาลัยมหิดล. เอส พี เอส พริ้นติ้ง จำกัด. กรุงเทพฯ (โครงการศึกษาแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายใต้พิธีสารเกียวโต เสนอสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. กุมภาพันธ์ 2545). 185 น.

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 และพันธุ์พืช. 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. **สรุปประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินประเทศไทย ปี 2543/2544**. กรมพัฒนาที่ดิน. 50 น.

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. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

สิริกานดา วัชราไทย. 2551. **การศึกษาสมดุลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสบู่ดำที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วมปนทราย**. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 73 น.

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

อรรถชัย จินตะเวช. 2547. **การสะสมคาร์บอน**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 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., C. Wachrinrat, N. W. Harvey and N. Lichaikul. 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. pp. 282.

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

Hongbin, Y., X. Fang, Y. Jinfeng and C. Hongjie. 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.

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.

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, K . Paisancharoen and T. Hakamato. 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.

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

Sarmiento, F.L. and N. Gruber. 2002. **Sinks for Anthropogenic carbon**. *Physics today*, August 2002. **55 (8).**

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

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

ตารางผนวกที่ 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

ตารางผนวกที่ 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

ตารางผนวกที่ 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

ตารางผนวกที่ 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