วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 34 : 1 (68 - 78)

# การกักเก็บคาร์บอนในดินเค็มในลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม

# Soil Carbon Storage in Saline Soil in Central Chi River Basin, Maha Sarakham Province

วรรณชัย วรรณสิงห์[1] และ ภูวดล โกมณเฑียร[2*]


## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดิน ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนในดินกับเนื้อดินและความเค็มของดินในพื้นที่ดินเค็มในลุ่มน้ำชีตอนกลาง ทำการเก็บตัวอย่างตามแผนที่การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน จังหวัดมหาสารคาม มาตราส่วน 1:100,000 โดยแบ่งพื้นที่เก็บตัวอย่างดินออกเป็น 3 ส่วนคือ บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 1-10 (เค็มน้อย), 10-50 (เค็มปานกลาง) และพื้นที่ที่พบคราบเกลือมากกว่าร้อยละ 50 (เค็มจัด) ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 90 แปลง แต่ละแปลงเก็บที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร (ดินชั้นบน) โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบรบกวนโครงสร้าง (disturbed) ผลการทดลองพบว่าดินเค็มน้อยมีการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ $1.44\pm1.31\times10^{-4}$ ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัดมีค่าเท่ากับ $0.99\pm0.77\times10^{-4}$ และ $0.63\pm0.33\times10^{-4}$ ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ การกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับอนุภาคดินเหนียว ($R^2 = 0.814$)


**คำสำคัญ** : กักเก็บคาร์บอน คราบเกลือ ดินเค็ม ลุ่มน้ำชีตอนกลาง


## Abstract

This research aimed to investigate estimate soil carbon storage, relationship between soil carbon to soil texture and soil salinity in saline soil in central Chi River Basin in Maha Sarakham province. Soil was collected according distribution salt stains on the soil surface Maha sarakham province, scale of 1:100,000. The collected soil samples were divided into three areas, The first area is found on the salt stains on the soil surface 1-10 percent (slightly salt), second area is found on the salt stains on the soil surface 10-50 percent (moderately salty) and third area is found on the salt stains on the soil surface more than 50 percent (highly salt). Soil was collected total 90 plots, topsoil (0-25 cm) were collected in each sampling plot. The soil sampling collected disturbed samples. The result shows that soil carbon storage were $1.44\pm1.31\times10^{-4}$, $0.99\pm0.77\times10^{-4}$ and $0.63\pm0.33\times10^{-4}$ tonha$^{-1}$ in slightly salt, moderately salt and highly salt respectively. There is significantly relationship between soil carbon storage and clay particle ($R^2 = 0.814$).


**Keywords** : carbon storage, salt stains, soil properties, central Chi River Basin

[1]นิสิตปริญญาโท [2]อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 44150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

08 - -[redacted].indd 68 10/3/2559 9:50:10

## บทนำ

คาร์บอนในดินเป็นแหล่งคาร์บอนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบนิเวศบก (Wang *et al*., 2013) ระบบนิเวศบกยังพบคาร์บอนเป็นสองในสามของคาร์บอนที่กักเก็บในระบบนิเวศของโลก (Schimel *et al*., 1994) ปริมาณของคาร์บอนในดินมีประมาณเป็นสองเท่าของคาร์บอนในชั้นบรรยากาศและสามเท่าในพืช (Lal *et al*., 1995; Batjes and Sombroek ,1997; IPCC, 2000) คาร์บอนในดินมีประมาณ 2,500 เพตะกรัม (Batjes, 1996) จะอยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอน (Shi *et al*., 2012; Scharlemann *et al*., 2014) ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนในดินประมาณ 1,500 เพตะกรัม (Batjes, 1996; Yang *et al*, 2007; Lal, 2008a) และอนินทรีย์คาร์บอนในดินประมาณ 940-950 เพตะกรัม (Batjes, 1996; Eswaran *et al*., 2000; Lal, 2008b) การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดินเป็นผลมาจากศักยภาพในการเร่งหรือการลดลงของคาร์บอน[1]นิสิตปริญญาโท [2] อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 44150 ในดิน แต่มีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ในชั้นบรรยากาศ (Trumbore *et al*., 1996; Lal, 2004; Houghton, 2007; Powers *et al*., 2011) การสูญเสียคาร์บอนเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณคาร์บอนในชั้นบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการตอบสนองของดินจึงมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก (สภาพภูมิอากาศและผลของวัฏจักรคาร์บอน) (Smith *et al*., 2008; Smith and Fang, 2010) การประเมินปริมาณคาร์บอนในดินเป็นสิ่งสำคัญในการอนุรักษ์ดินและวิธีการลดคาร์บอนในชั้นบรรยากาศ (Minasny *et al*., 2013) ดังนั้นความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการกระจายของคาร์บอนในดินในแต่ละระดับความลึกของดินจะมีความสำคัญอย่างมากสำหรับการจัดทำข้อมูลของปริมาณคาร์บอนรวมถึงปัจจัยผลผลิตทางด้านอุทกศาสตร์และการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (Harrison *et al*., 2011) นอกจากนี้การหมุนเวียนของคาร์บอนในดินซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดในระบบนิเวศบกแล้ว ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนในดินเพียงเล็กน้อยก็มีอาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนในชั้นบรรยากาศได้ (Davidson and Janssens, 2006; Trumbore and Czimczik, 2008; Shi *et al*., 2012)

ดินเค็ม คือ ดินที่มีปริมาณเกลือละลายอยู่ในสารละลายดินมากเกินไปจนมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช (สมศรี, 2539) เกลือที่ละลายได้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ส่วนธาตุและอนุมูลที่พบมากที่สุดในสารละลายดินเค็ม คือ โซเดียมและคลอไรด์ (Bernstein, 1964) ดินเค็มนิยมวัดจากค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (dS/m) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (U.S. Soil Salinity Laboratory Staff, 1954) ดินเค็มสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ ดินเค็ม (saline soil) ดินโซดิก (sodic soil) และดินเค็มโซดิก (saline-sodic soil) (U.S. Soil Salinity Laboratory Staff, 1954; Setia *et al*., 2011) ในปัจจุบันดินเค็มถือเป็นปัญหาอย่างหนึ่งต่อการสะสมคาร์บอนในดินและดินเค็มส่วนใหญ่พบในพื้นที่เขตแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง (Setia *et al*., 2011) โดยทั่วโลกพบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มประมาณ 932-955 ล้านเฮกตาร์ (Mha) (Wang, 1993; Metternicht and Zinck, 2003; Wong *et al*., 2010) โครงการสหประชาชาติได้ระบุว่าพื้นที่ดินเค็มคิดเป็นร้อยละ 20-23 ของพื้นที่เกษตรและคิดเป็นร้อยละ 50 ของพื้นที่เพราะปลูกทั่วโลก (Szabolcs, 1994; Flowers and Yeo, 1995; Wong *et al*., 2010) และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี (Yokoi *et al*., 2002) เช่น ในประเทศออสเตรเลียได้มีรายงานพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มมากกว่าร้อยละ 33 ของพื้นที่ (NLWRA, 2001) และประเทศไทยมีรายงานพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มประมาณ 22.4 ล้านไร่หรือคิดเป็นร้อยละ 12 ของพื้นที่การเกษตรของประเทศ (รังสรรค์, 2547)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดินและความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนในดินกับเนื้อดินและความเค็มของดินในพื้นที่ดินเค็มในลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดินและความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนในดินกับเนื้อดินและความเค็มของดินในพื้นที่ดินเค็มสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินศักยภาพและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในดินเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคามได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

**1. พื้นที่ศึกษา**

ทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาจากพื้นที่ดินเค็มในเขตลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด พื้นที่โดยทั่วไปมีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 130-230 เมตร ด้านทิศตะวันตก และทิศเหนือเป็นที่สูง ในเขตอำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเชียงยืนและอำเภอกันทรวิชัย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่จังหวัดและค่อยๆ ลาดเทมาทางทิศตะวันออกและทิศใต้ (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) การคัดเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างอาศัยข้อมูลจากแผนที่การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน จังหวัดมหาสารคาม มาตราส่วน 1:100,000 โดยแบ่งพื้นที่เก็บตัวอย่างดินออกเป็น 3 ส่วนคือ บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 1-10 (เค็มน้อย), 10-50 (เค็มปานกลาง) และพื้นที่ที่พบคราบเกลือมากกว่าร้อยละ 50 (เค็มจัด) (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2544) และทำการเก็บตัวอย่างภาคสนามในช่วงฤดูแล้ง

**2. วิธีการเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่าง**

เก็บตัวอย่างดินในช่วงฤดูแล้งจำนวนทั้งหมด 90 แปลง ที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร (ตามหลักเกณฑ์ในการประเมินปริมาณการเก็บกักคาร์บอนของพจนีย์ และ ทวีศักดิ์ (2544) ในแต่ละแปลงทำการเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้าง (disturbed) ด้วยสว่านเจาะดิน (soil auger) จำนวน 3 หลุม จากนั้นทำตัวอย่างดินให้เป็น composite sample ในแต่ละแปลงทำให้แห้งโดยผึ่งตัวอย่างในที่ร่มและร่อนด้วยตะแกรงขนาดรูผ่าน 2.0 มิลลิเมตร และเก็บตัวอย่างในภาชนะปิดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

**3. วิธีการวิเคราะห์**

เนื้อดินวิเคราะห์โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ (National Soil Survey Center, 1996) ค่าการนำไฟฟ้า (จำเป็น, 2545) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินวิเคราะห์โดยใช้วิธี dry combustion (USDA, 1996)

**4. การกักเก็บคาร์บอนในดิน**

การวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินโดยใช้วิธีการเผา (dry combustion) โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างดิน 10 กรัม จากนั้นนำตัวอย่างดินไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (°C) เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Muffle-Furnace (Wise Therm) นำตัวอย่างหลังเผามาชั่งน้ำหนักบันทึกผลและคำนวณปริมาณคาร์บอน ดังสมการ

1. คำนวณคาร์บอนในดิน

$$C = \frac{W1 - W2}{W1}$$

เมื่อ C = คาร์บอนในดิน (กรัมคาร์บอนต่อกรัมดิน)
W1 = น้ำหนักดินก่อนเผา (กรัม)
W2 = น้ำหนักดินหลังเผา (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณการกักเก็บคาร์บอนในดิน

$$C_{\text{Carbon stock}} = \frac{(C \times D \times BD)}{1000000} \times 10000$$

เมื่อ $C_{\text{Carbon stock}}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน (ตันต่อเฮกตาร์)
C = คาร์บอนในดิน (กรัมคาร์บอนต่อกรัมดิน)
D = ระดับความลึกของดิน (เมตร)
BD = ความหนาแน่นดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

## ผลวิจัยและวิจารณ์

### 1. การกักเก็บคาร์บอนในดิน

ดินเค็มน้อย (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 1-10) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน $1.44\pm1.31\times10^{-4}$ ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บมากกว่าดินเค็มปานกลาง (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 10-50) และดินเค็มจัด (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวมากกว่าดินร้อยละ 50) มีค่าเท่ากับ $0.99\pm0.77\times10^{-4}$และ $0.63\pm0.33\times10^{-4}$ ตันต่อเฮกตาร์ (Table 1)

**Table 1** Carbon storage and properties of the soil (0-25 cm) in saline soil divided by salt stains on the soil surface.

| Level | Salt stains (%) | ECe (dS/m) | Carbon stock (ton $ha^{-1}$) | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | Texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Slightly salt | 1-10 | 1.76±2.61 | $1.44\pm1.31\times10^{-4}$ | 69.55±18.06 | 16.68±7.93 | 13.77±12.91 | Sandy loam |
| Moderately salt | 10-50 | 4.69±2.70 | $0.99\pm0.77\times10^{-4}$ | 69.13±7.87 | 19.61±7.87 | 11.26±8.64 | Sandy loam |
| Highly salt | > 50 | 3.76±1.95 | $0.63\pm0.33\times10^{-4}$ | 79.43±4.65 | 13.38±3.58 | 7.19±2.94 | Loamy sand |

### 2. เนื้อดิน

ดินเค็มน้อย (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 1-10) มีปริมาณทราย ทรายแป้งและดินเหนียวร้อยละ 69.55 ± 18.06 16.68 ± 7.93 และ 13.77 ± 12.91 ดินเค็มปานกลาง (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 10-50) มีปริมาณทราย ทรายแป้งและดินเหนียวร้อยละ 69.13 ± 7.87 19.61 ± 7.87 และ 11.26 ± 8.64 และดินเค็มจัด (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวมากกว่าดินร้อยละ 50) มีปริมาณทราย ทรายแป้งและดินเหนียวร้อยละ 79.43 ± 4.65 13.38 ± 3.58 และ 7.19 ± 2.94 (Table 1)

### 3. คาร์บอนในดินกับเนื้อดิน

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอนในดินกับเนื้อดินในพื้นที่ดินเค็มทั้ง 3 พื้นที่โดยใช้วิธีทางสถิติ Pearson Correlation พบว่าปริมาณคาร์บอนในดินมีความสัมพันธ์ทางบวกกับดินดินเหนียวและทางลบกับทราย (Table 1, 2, 3 และ 4) ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนตาม particle size classes ของพจนีย์ และทวีศักดิ์ (2554) และ Ruehlmann and Körschens (2009) ดินที่มีเนื้อดินละเอียดจะมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์คาร์บอนสูง รองลงมาคือดินที่มีเนื้อดินปานกลางและดินที่มีเนื้อดินหยาบจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำ จากการรายงานของ Prasad and Power (1997) ดินที่มีเนื้อดินละเอียด (ดินเหนียว) พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินประมาณ 2-4 เท่าของดินที่มีเนื้อดินหยาบ (ทราย) นอกจากอนุภาคของดินที่มีผลต่อปริมาณคาร์บอนในดินแล้ว ยังพบว่าการชะลอกระบวนย่อยสลายของอินทรียวัตถุและการเกาะตัวหรือการจับตัวของดินก็มีผลต่อปริมาณคาร์บอนในดินเช่นกัน (Rice, 2002; Yang *et al*., 2007)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอนในดินกับเนื้อดินในพื้นที่ดินเค็มทั้ง 3 พื้นที่โดยใช้วิธีทางสถิติความถดถอย (Linear Regression Analysis) พบว่า ปริมาณคาร์บอนในดินมีความสัมพันธ์กับดินเหนียว ($R^2$ = 0.814) ทรายแป้ง ($R^2$ = 0.202) และทราย ($R^2$ = 0.695) ดังสมการที่ 2, 3 และ 4 (Table 5)

**4. ระดับความเค็มของดิน**

ระดับความเค็มของดินเป็นสมบัติทางเคมีของดิน โดยในแต่ละพื้นที่จะมีระดับความเค็มแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความสามารถและปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในดิน (สมศรี, 2539) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งพื้นที่ทำการศึกษาตามการแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2544) และจำแนกระดับความเค็มของดินตามการแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดินตามการรายงานการจำแนกพื้นที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ (ปราโมทย์, 2548)

**Table 2** Correlation between carbon storage and soil texture in slightly salt (0-25 cm).

| Slightly salt | | C content (t/ha) | Clay (%) | Sand (%) | Silt (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| C content (t/ha) | Pearson Correlation | 1 | - | - | - |
| Clay (%) | Pearson Correlation | .897** | 1 | - | - |
| Sand (%) | Pearson Correlation | -.860** | -.922** | 1 | - |
| Silt (%) | Pearson Correlation | .498** | .472** | -.777** | 1 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Table 3** Correlation between carbon storage and soil texture in moderately salt (0-25 cm).

| Moderately salt | | C content (t/ha) | Clay (%) | Sand (%) | Silt (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| C content (t/ha) | Pearson Correlation | 1 | - | - | - |
| Clay (%) | Pearson Correlation | .919** | 1 | - | - |
| Sand (%) | Pearson Correlation | -.827** | -.861** | 1 | - |
| Silt (%) | Pearson Correlation | .458** | .428** | -.829** | 1 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

08 - -.indd 72 10/3/2559 9:50:11

Table 4 Correlation between carbon storage and soil texture in highly salt (0-25 cm).

| Highly salt | | C content (t/ha) | Clay (%) | Sand (%) | Silt (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| C content (t/ha) | Pearson Correlation | 1 | - | - | - |
| Clay (%) | Pearson Correlation | .783** | 1 | - | - |
| Sand (%) | Pearson Correlation | -.739** | -.639** | 1 | - |
| Silt (%) | Pearson Correlation | .317** | .010** | -.775** | 1 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Table 5 Relationship between carbon storage and properties of the soil (0-25 cm).

| Soil properties | $R^2$ | Equation | |
|---|---|---|---|
| ECe (dS/m) | -0.007 | $Y = 0.000 - 2.296x10^{-6}(ECe)$ | eq. 1 |
| Clay (%) | 0.814 | $Y = 4.511x10^{-6} - 9.081x10^{-6}(Clay)$ | eq. 2 |
| Sand (%) | 0.695 | $Y = 0.001 - 5.60x10^{-6}(Sand)$ | eq. 3 |
| Silt (%) | 0.202 | $Y = 1.580x10^{-6} - 6.066x10^{-6}(Silt)$ | eq. 4 |

ดินเค็มน้อย (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 1-10) มีค่าความเค็มอยู่ระหว่าง 4-8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ดินเค็มปานกลาง (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 10-50) มีค่าความเค็มอยู่ระหว่าง 8-16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และดินเค็มจัด (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินมากกว่าร้อยละ 50) มีค่าความเค็มมากกว่า16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณคราบเกลือบนผิวดินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าระดับความเค็มของดินเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชและมีข้อจำกัดของจำนวนพืชที่สามารถอาศัยอยู่ในพื้นที่ดินเค็มได้ (U.S. Soil Salinity Laboratory Staff, 1954) พืชที่พบในพื้นที่ดินเค็มถือเป็นแหล่งที่มาของคาร์บอนในดิน เมื่อพืชเหล่านั้นตายและเกิดกระบวนการย่อยสลาย ในพื้นที่ที่มีการเจริญเติบโตและจำนวนพืชสูงส่วนมากมักพบคาร์บอนในดินสูง ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าความเค็มของดินที่วิเคราะห์ได้จริงมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน (2544) และ ปราโมทย์ (2548) กำหนดไว้ (Table 1) และผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนในดินกับความเค็มของดินโดยใช้วิธีทางสถิติความถดถอย พบว่า ปริมาณคาร์บอนในดินกับความเค็มของดินเค็มทั้ง 3 พื้นที่ไม่มีไม่มีความสัมพันธ์กัน ($R^2$ = -0.007) ดังสมการที่ 1 (Table 5) แสดงว่าในพื้นที่ศึกษาความเค็มที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณคาร์บอนดิน

แต่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอนในดินกับสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่ศึกษาโดยใช้เนื้อดิน พบว่า การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณคาร์บอนในดินมีความสัมพันธ์กับดินเหนียว ($R^2$ = 0.814) ทรายแป้ง ($R^2$ = 0.202) และทราย ($R^2$ = 0.695) ดังสมการที่ 2, 3 และ 4 (Table 5) ซึ่งเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) และทรายปนดินร่วน (Loamy sand) ซึ่งมีปริมาณของทรายเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Shang *et al.*, (2014) เนื้อดิน โครงสร้างของดินและอนุภาคของดินเหนียวและทรายแป้งมีผลโดยตรงต่อการรักษาปริมาณคาร์บอนและช่วยลดการสูญเสียคาร์บอนในดิน และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณคาร์บอนในดินยังมีความสัมพันธ์กับดินเหนียวและทราย He *et al.*, (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

08 - -.indd 73 10/3/2559 9:50:11

จากการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินเค็มลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม ได้เปรียบเปรียบเทียบกับการกักเก็บคาร์บอนในดินเค็มในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศออสเตรเลีย (Wong *et al*., 2008) และพื้นที่ทางเหนือของประเทศจีน (Wong *et al*., 2010) (Table 6) ผลพบว่าพื้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณการกักคาร์บอนในดินน้อยกว่าในพื้นที่ดินเค็มในประเทศออสเตรเลียและพื้นที่ทางเหนือของประเทศจีน

นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเกลือ เช่น พื้นที่นาข้าวในจีน (Pan *et al*., 2003) พื้นที่ป่าไม้ในยุโรป (Baritzetal *et al*., 2010) และพื้นที่ป่าโอ๊คในอังกฤษ (Benham *et al*., 2012) (Table 7) ผลพบว่าพื้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณการกักคาร์บอนในดินน้อยกว่าในพื้นที่นาข้าวในประเทศจีน พื้นที่ป่าไม้ในยุโรปและพื้นที่ป่าโอ๊คในอังกฤษ เนื่องจากพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเกลือข้างต้นพบปริมาณแหล่งที่มาของคาร์บอนมากกว่าและยังอยู่ในเขตอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งตั้งอยู่ในดินเขตร้อนทำให้อัตราการย่อยสลายของอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่า (อภิศักดิ์, 2543) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียและปลดปล่อยคาร์บอนจากดินกลับสู่ชั้นบรรยากาศได้มากกว่า

**Table 6** Comparison carbon storage in saline soils.

| Area | Depth (cm) | Carbon stock (ton ha$^{-1}$) | Reference |
|---|---|---|---|
| Australia | | | |
| Native pasture | 0.30 | 3.52-5.35x10$^{1}$ | Wong et al., (2008) |
| Scalded-eroded | 0.30 | 0.77-1.14x10$^{1}$ | Wong et al., (2008) |
| Sown pasture | 0.30 | 4.21x10$^{1}$ | Wong et al., (2008) |
| Scalded | 0.30 | 1.98x10$^{1}$ | Wong et al., (2008) |
| Northeast China | | | |
| Wetlands | 0.30 | 0.82x10$^{-2}$ | Wong et al., (2010) |
| Maha sarakham Province | | | |
| Slightly salt | 0.25 | 1.44x10$^{-4}$ | This study |
| Moderately salt | 0.25 | 0.99x10$^{-4}$ | This study |
| Highly salt | 0.25 | 0.63x10$^{-4}$ | This study |
| Total | | 3.06x10$^{-4}$ | This study |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 7** Comparison carbon storage saline soils with other areas.

| Area | Depth (cm) | Carbon stock (ton ha$^{-1}$) | Reference |
|---|---|---|---|
| China | | | |
| Paddy | 0.30 | 1.20-22.6x10$^{1}$ | Pan et al., (2003) |
| Europe | | | |
| Forest | 0.20 | 1.13-12.63x10$^{1}$ | Baritzetal et al., (2010) |
| England | | | |
| Oak woodland | 0.30 | 8.00x10$^{1}$ | Benham et al., (2012) |
| Maha sarakham Province | | | |
| Slightly salt | 0.25 | 1.44x10$^{-4}$ | This study |
| Moderately salt | 0.25 | 0.99x10$^{-4}$ | This study |
| Highly salt | 0.25 | 0.63x10$^{-4}$ | This study |
| Total | | 3.06x10$^{-4}$ | This study |

## สรุปผลการวิจัย

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม พบว่าในพื้นที่ดินเค็มน้อย (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 1-10) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินมากที่สุด รองลงมาคือ ดินเค็มปานกลาง (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวดินร้อยละ 10-50) และดินเค็มจัด (บริเวณที่พบคราบเกลือบนผิวมากกว่าดินร้อยละ 50)เนื่องจากดินเค็มน้อยมีปริมาณสารละลายของเกลือในดินน้อยกว่าดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัด ทำให้ดินเค็มน้อยมีความอุดมสมบูรณ์ของดิน อัตราการเจริญเติบโต การปกคลุมและความหลากหลายของพืชในพื้นที่สูงกว่า เมื่อพืชที่ถือว่าเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนในรูปของอินทรียวัตถุที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เกิดขึ้นในพืชทุกชนิด เมื่อพืชตายลงย่อมส่งผลถึงปริมาณการสะสมของอินทรียวัตถุในดินซึ่งจะเกิดการย่อยสลายเปลี่ยนเป็นคาร์บอนในดินต่อไป ในขณะที่ดินที่มีความเค็มสูงจะมีอัตราการเจริญเติบโต การปกคลุมของพืชและอินทรียวัตถุในดินน้อยซึ่งถือว่าเป็นแหล่งที่มาของคาร์บอนในดิน ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนในดินกับความเค็มของดินในทั้ง 3 พื้นที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่คาร์บอนในดินจะมีความสัมพันธ์กับเนื้อดินและพบการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนในดินในเนื้อดินละเอียด (ดินเหนียว) สูงที่สุดและพบความสัมพันธ์ของการลดลงของคาร์บอนในดินสูงที่และมีปริมาณคาร์บอนในดินต่ำที่สุดในเนื้อดินที่เป็นดินหยาบ (ทราย) เนื่องจากโครงสร้างของเนื้อดินที่เป็นดินเนื้อละเอียดจะมีศักยภาพในการเก็บรักษาและช่วยลดหรือชะลอการสูญเสียคาร์บอนจากปัจจัยการรบกวนทางธรรมชาติ เช่น การกัดเซาะและพังทลายของดินจากการไหลบ่าของน้ำในช่วงฤดูฝนได้ดีกว่าดินที่เป็นเนื้อดินหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

08 - -.indd 75 10/3/2559 9:50:11

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) และทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ปีงบประมาณ 2557) และขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2552. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดมหาสารคาม.กรุงเทพฯ.

จำเป็น อ่อนทอง (2545) คู่มือวิเคราะห์ดินและพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ปราโมทย์ แย้มคลี่. 2548. การปลูกไม้ยืนต้นเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ส่วนวิจัยและพัฒนาดินเค็ม สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พจนีย์ มอญเจริญและทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2544. คาร์บอนในดินของประเทศไทย. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 144 น.

รังสรรค์ อิ่มเอิบ. 2547. การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 93 น.

สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 251 น.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2544. แผนที่การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน จังหวัดมหาสารคาม. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 23 น.

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. 2543. ดินเขตร้อน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 206 น.

Baritz, R., Seufert, G., Montanarella, L. and VanRanst, E. 2010. Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. Forest Ecology and Management. 260, 262-277.

Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. European Journal of Soil Science. 47, 151-163.

Batjes, N.H. and Sombroek WG. 1997. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. Global Change Biology. 3, 161-173.

Benham, S.E., Vanguelova, E.I. and Pitman, R.M. 2012. Short and long term changes in carbon, nitrogen and acidity in the forest soils under oak at the Alice Holt Environmental Change Network site. Science of the Total Environment. 421-422, 82-93.

Bernstein, L. 1964. Effect of salinity on growth mineral composition and growth of plants. Plant Anal. Fert Probl. 42,25-45.

Davidson, E.A. and Janssens IA. 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. Nature. 440, 165-173.

Eswaran, H., Reich, P.F., Kimble, J.M., Beinroth, F.H., Padmanabhan, E. and Moncharoen, P. 2000. Global carbon stocks. Lewis Publishers, Boca Raton. 15-26.

Flowers, T.J. and Yeo, A.R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? Australian Journal of Plant Physiology. 22, 875-884.

Harrison, R.B., Footem P.W. and Strahm B.D. 2011. Deep Soil Horizons: Contribution and importance to soil carbon pools and in assessing whole-ecosystem response to management and global. Change -Forest Science. 57, 67-75.

He, N., Wu, L., Wang, Y. and Han, X. 2009. Changes in carbon and nitrogen in soil particle-size fractions along a grassland restoration chronosequence in northern China. Geoderma. 150, 302-308.

Houghton, R.A. 2007. Balancing the global carbon budget. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 35(1), 313-347.

IPCC. 2000. Special report on emissions scenarios-a special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science. 304, 1623-1627.

Lal, R. 2008a. Carbon sequestration. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 363, 815-830.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lal, R. 2008b. Carbon sequestration in soil. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. No. 30, 1749-8848.

Lal, R., Kimble, J., Levine, E. and Whitman, C. 1995. World soil and greenhouse effect: an overview. CRC Press, Boca Raton, FL. 1-8.

Metternicht, G.I. and Zinck, J.A. 2003. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. Remote Sensing of Environment. 85, 1-20.

Minasny, B., McBratney, A.B., Malone, B.P, and Wheeler, L. 2013. Digital mapping of soil carbon. Advances in Agronomy. 118,1-47.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigation Report No. 42, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. 693 p.

NLWRA. 2001. Australian Dryland Salinity Assessment 2000: Extent, Impacts, Processes, Monitoring and Management Options. National Land and Water Resources Audit, Canberra.

Pan, G., Li, L., Wu, L. and Zhang, X. 2003. Storage and sequestration potential of topsoil organic carbon in China's paddy soils. Global Change Biology. 10, 79-92.

Powers, J.S., Corre, M.D., Twine, T.E. and Veldkamp, E. 2011. Geographic bias of field observations of soil carbon stocks with tropical land-use changes precludes spatial extrapolation. Proc Natl Acad Sci U S A. 108, 6318-6322.

Prasad, R. and J.F. Power. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. New York, USA, Lewis Publishers. 356.

Rice, C.W. 2002. Organic matter and nutrient dynamics. pp. 925-928. In: Encyclopedia of soil science. New York, USA, Marcel Dekker Inc.

Ruehlmann, J. and Körschens, M. 2009. Calculating the effect of soil organic matter concentration on soil bulk density. Soil Science Society of America Journal. 73, 876-885.

Scharlemann, J. P.W., Tanner, E. V.J., Hiederer, R. and Kapos, V. 2014. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. Carbon Management. 5(1), 81-91.

Schimel, D.S., Braswell, B.H., Holland, E.A., McKeown, R., Ojima, D.S., Painter, T.H., Parton, W.J. and Townsend, A.R. 1994. Climatic, edaphic and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. Global Biogeochemical Cycles. 8, 279-293.

Setia, R., Marschner, P., Baldock, J., Chittleborough, D., Smith, P. and Smith, J. 2011. Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. Soil Biology and Biochemistry. 43, 1908-1916.

Shang, S., Jiang, P., Scott X. Chang S.X., Song, Z., Liu, J. and Sun, L. 2014. Soil organic carbon in particle size and density fractionations under four forest vegetation-land use types in subtropical China. Forests. 5, 1391-1408.

Shi, Y., Baumann, F., Ma, Y., Song, C., Kühn, P., Scholten, T. and He, J-S. 2012. Organic and inorganic carbon in the topsoil of the Mongolian and Tibetan grasslands: pattern, control and implications. Biogeosciences. 9, 2287-2299.

Smith, P. and Fang, C.M. 2010. Carbon cycle: A warm response by soils. Nature. 464, 499-500.

Smith, P., Fang, C.M., Dawson, J.J.C. and Moncrieff, J.B. 2008. Impact of global warming on soil organic carbon. Advances in Agronomy. 97, 1-43.

Szabolcs, I. 1994. Soils and salinization. Marcel Dekker, New York, 3-11.

Trumbore, S.E. and Czimczik, C.I. 2008. An uncertain future for soil carbon. Science. 321, 1455–1456.

Trumbore, S.E., Chadwick, O.A. and Amundson, R. 1996. Rapid exchange between soil carbon and atmospheric carbon dioxide driven by temperature change. Science. 272, 393-396.

United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. National Soil Survey Center; Soil Survey Investigations No. 42, Version 3.

United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. Agriculture Handbook No. 60. United States Department of Agriculture, 160 p.

Wang, Y., Wang, Z. and Li, Y. 2013. Storage/Turnover Rate of Inorganic Carbon and Its Dissolvable Part in the Profile of Saline/Alkaline Soils. PLoS ONE. 8(11).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wang, Z. 1993. China Saline Soil. Chinese Science press, Beijing 1-2. [In Chinese].

Wong, V.N.L., Greene, R.S.B., Dalal, R.C. and Murphy, B.W. 2010. Soil carbon dynamics in saline and sodic soils: a review. Soil Use and Management. 26, 2-11.

Wong, V.N.L., Murphy, B.W., Koen, T.B., Greene, R.S.B. and Dalal, R.C. 2008. Soil organic carbon stocks in saline and sodic landscapes. Australian Journal of Soil research. 46, 378-389.

Yang, L., Pan J., Shao, Y., Chen, J.M., Ju, W.M., Shi, X. and Yuan, S. 2007. Soil organic carbon decomposition and carbon pools in temperate and sub-tropical forests in China. Journal of Environmental Management. 85, 690-695.

Yokoi, S., Bressan, R.A. and Hasegawa, P.M. 2002. Salt stress tolerance of plants. JIRCAS Working Report. 25-33.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

08 - -.indd 78 10/3/2559 9:50:11