

การติดตามการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบาง
ประการของดินในพื้นที่ดินเค็มที่มีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด

**Biomonitoring of the soil biota activities change relation with physical and chemical
characteristics in soil in the improved salt-affected lowland area by Tree Plantation**

สุพัตรา หาญชัย (Supattra Hanchai)* ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย (Chuleemas Boonthai Iwai)**

บุปผา โตภาคนาม (Bubpha Topark-Ngarm)*** ปรมศ บรรเทิง (Poramate Bunterng)****

บทคัดย่อ

ปัญหาดินเค็มนับว่าเป็นปัญหาที่สร้างความเดือดร้อนให้กับเกษตรกรมากอีกปัญหาหนึ่งเนื่องจากสภาพดินที่เค็มจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์ดินและผลผลิตของพืช ทำให้ผลผลิตลดลงหรือในพื้นที่ที่ระดับความเค็มของดินมากพืชบางชนิดก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ การเพิ่มขึ้นของความเค็มในดินส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์ดินของพืช อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวของดินเค็มต่อสมบัติทางชีวภาพของดินยังมีน้อยมาก ดังนั้นจึงมีการศึกษาดูการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในพื้นที่ดินเค็มที่มีการฟื้นฟูโดยการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด การทดลองได้ทำการศึกษาดูการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ ก่อนและหลังปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดในบริเวณพื้นที่ดินเค็มที่มีการฟื้นฟูโดยการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ที่หมู่บ้านสมสนุก อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม การศึกษาพบว่า การปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด 1 ปี ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินหลังปลูกพืชสูงกว่าก่อนปลูก โดยค่าการหายใจของจุลินทรีย์ดินก่อนและหลังปลูกไม้ยืนต้นมีค่าเท่ากับ 12.13 และ 71.50 mg CO₂/day, ตามลำดับ ค่า EC, Na, K, และ CEC ลดลงส่วนค่า pH, OM, และ N เพิ่มขึ้นหลังปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า การปลูกไม้ยืนต้นในพื้นที่ดินเค็ม ช่วยทำให้คุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพดีขึ้น ซึ่งการศึกษานี้มีความสำคัญเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบและเป็นข้อมูลติดตามการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยา อันเป็นแนวทางในการจัดการและแก้ไขปัญหาและฟื้นฟูทรัพยากรที่ดินอย่างยั่งยืนต่อไป

ABSTRACT

Salt affected soil is a serious problem in Thailand, in the Northeast Plateau where salt bearing rocks are common. Excessive amounts of salts have a range of adverse effects on the physical and chemical properties of soil microbiological processes and plant growth. However, soil biological aspect of saline environment has been less studied. Tree Plantation has been introduced to improve salt-affected area. Monitoring of the changes by study the soil biota activities relation with physical and chemical soil characteristics are importance. The aim of this study was to monitor the change of soil biota activity relation with the soil properties in the improved salt-affected area by Tree Plantation at Amphur Borabue, Mahasarakam Province, Northeast of Thailand. The physical, chemical and biological soil characteristics in soil sample were analysed before and after tree plantation. The results showed that soil biota activity after tree plantation was higher than before. Soil respiration before and after tree plantation were 12.13 and 71.50 mg CO₂/day, respectively. The EC, Na, K, and CEC values were decreased and pH, OM, and N were increased after tree plantation. The result from this study indicated that physical, chemical and biological soil properties were improved after tree plantation. This study's result would be useful for sustainable land resources improvement and rehabilitation.

คำสำคัญ : ความเค็ม สิ่งมีชีวิตในดิน พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ คุณสมบัติของดิน

Key Words: Salinity, Soil biota, Salt affected area, Soil characteristics

*มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***ศาสตราจารย์ สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

****ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัญหาดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ เป็นปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินที่เกิดขึ้นทั่วโลก สาเหตุของการเกิดดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือนั้นส่วนหนึ่งเกิดจากการสะสมของเกลือ จากวัตถุต้นกำเนิดของดินมีเกลือสะสมสูงอยู่แล้วตามธรรมชาติ และอีกสาเหตุหนึ่งคือ เกิดจากการสะสมขึ้นในดินภายหลังหรือในกระบวนการทางธรรมชาติที่น้ำจะเป็นตัวนำพาเกลือไปสะสมในดินไม่ว่าจะเป็น น้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดิน ซึ่งจะทำให้ที่ละลายเกลือจากแหล่งหิน แร่ หรือวัตถุอื่นที่มีเกลือสะสมอยู่สูง และทำให้เกิดการแพร่กระจายไปในวงกว้าง ในส่วนที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ เช่น การใช้น้ำชลประทานที่มีเกลือละลายอยู่ในปริมาณสูง หรือการชลประทานที่ไม่สมบูรณ์แบบ โดยไม่คำนึงถึงระบบการระบายน้ำออกหรือการชะล้างเกลือออกจากพื้นที่ รวมไปถึงการอุตสาหกรรม น้ำเสียจากกิจกรรม ก็ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ดินเค็มทั้งสิ้น(อรุณี, 2546) พื้นที่ดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือในประเทศไทยพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และพื้นที่ชายทะเล โดยพื้นที่บางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่แอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีลักษณะทางธรณีวิทยาเกี่ยวข้องกับ หินเกลือ น้ำใต้ดิน จึงมีความเค็มค่อนข้างสูง ซึ่งจากการสำรวจ พบว่ามีพื้นที่ที่ประสบปัญหาดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือทั้งสิ้น 38.7 ล้านไร่ ประกอบด้วย พื้นที่ดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ 17.8 ล้านไร่ พื้นที่ดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือจัด 1.5 ล้านไร่ และพื้นที่ที่มีโอกาสพัฒนาเป็นดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ 19.4 ล้านไร่ (อรุณี, 2546) ปัญหาดินเค็มน้ำเค็มมีผลกระทบโดยตรงต่อการเกษตร ทำให้การเจริญเติบโตผลผลิต คุณภาพของพืช และรายได้ของเกษตรกรลดลงส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมในชุมชน

ดังนั้นการศึกษาการติดตามการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในพื้นที่ดินเค็ม

ก่อนและหลังที่มีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้เครื่องมือในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาและเป็นการแก้ไขจัดการดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือแบบยั่งยืนโดยใช้หลักความสมดุลทางธรรมชาติขององค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในพื้นที่ดินเค็มที่มีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษาและแผนการทดลอง

ทำการศึกษาทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการดังนี้

การศึกษาในภาคสนาม

โดยทำการศึกษาที่หมู่บ้านสมสนุก ตำบลหนองสิม อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม โดยเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการในพื้นที่ดินเค็ม โดยทำการศึกษา 1 ปี (มีนาคม 2551- มีนาคม 2552)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

สำรวจและเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ในพื้นที่ที่ศึกษา ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ การหาความชื้นในดิน เก็บตัวอย่างดิน จากแปลงย่อย ในทุกพื้นที่ที่ศึกษา แล้วทำการชั่งน้ำหนักสด (20 กรัม) ในขณะนั้นด้วยเครื่องชั่งสปริง หลังจากนั้นเก็บใส่ถุงพลาสติกนำมาหาล้างน้ำหนักแห้งในห้องปฏิบัติการ

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในพื้นที่ดินเค็ม

เก็บดินจากพื้นที่ มาพียงในที่ร่มให้แห้งสนิท และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm. และขนาด 0.5 mm. นำมาหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน คือ การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ Bulk density โดยวิธี

Core method, พิมพ์ (2526) ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดิน ประกอบด้วย ค่า pH (น้ำกลั่น:ดิน ในอัตราส่วน 1:5) โดยทำการวัดโดยใช้ pH meter, Organic matter โดยวิธี Walkley and Black (1934), ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ใช้วิธี Kjeldahl method หลังจากการทำลายย่อยด้วย H_2SO_4 (1 : 10, w/v) (Bremner and Mulvaney., 1982), Available P สกัดตัวอย่างดินโดยใช้ น้ำยาสกัด Bray II ในอัตราส่วน (5:50, w/v) โดยวิธี molybdenum-blue method (Schroth et al., 2003), Exchangeable K, Ca, Mg สกัดตัวอย่างดินโดยใช้น้ำยา สกัด Ammonium acetate methods ในอัตราส่วน (5:50, w/v) (Schollenberger and Simon., 1945) และทำการวัดโดย Exchangeable K, Na ใช้ Flame photometer.

3. การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่ศึกษา

การวิเคราะห์หาคิจกรรมจุลินทรีย์ (soil respiration) ศึกษาโดยวัดปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้น โดยใช้ NaOH ที่มีปริมาณมากเกินพอจับ CO_2 แล้วจึงไตเตรดหาปริมาณ NaOH ที่เหลือโดยใช้กรด HCl ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน แล้วจึงคำนวณหา CO_2 ที่เกิดขึ้น (Anderson, 1992; Rowell, 1997)

การวัดมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน และมวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน ใช้วิธีรมด้วยคลอโรฟอร์ม แล้วตามด้วยการสกัด (chloroform fumigation – extraction technique) ปริมาณมวลชีวภาพเป็นผลต่างระหว่างดินที่ผ่านการรมคลอโรฟอร์มกับไม่รมคลอโรฟอร์ม การหามวลชีวภาพจุลินทรีย์ประกอบด้วย การวิเคราะห์มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน สกัดด้วย 0.5M K_2SO_4 อินทรีย์คาร์บอนที่สกัดได้นำไปไตเตรดด้วย 0.01N $FeSO_4$ และการวิเคราะห์มวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน สกัดด้วย 1M KCl และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร (Sparling, 1991; Tate et al. 1988)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้

โปรแกรม SAS (Statistical Analysis System) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในพื้นที่ดินเดิม แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 ค่าความชื้นก่อนปลูกมีค่าเฉลี่ย 9.66 แต่เมื่อหลังมีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ทำให้ค่าความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 15.01 (ตารางที่ 1)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในพื้นที่ดินเดิม มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 5.59 แต่เมื่อหลังมีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น 5.67 เช่นเดียวกับค่า OM และ Total N (ตารางที่ 2)

ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ค่าเฉลี่ยสภาพการนำไฟฟ้าของดินในพื้นที่ดินเดิมมีค่า 0.573 (dS/m) แต่เมื่อหลังมีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ลดลง 0.019 (dS/m) เช่นเดียวกับค่า P, K, Na, CEC (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของดินบางประการในพื้นที่

ที่ดินเดิม ก่อนและหลังปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด

ค่าวิเคราะห์	ก่อน	หลัง	% การเปลี่ยนแปลง
ความชื้น ^{1/}	9.66 a ^{2/}	15.01 a	55.38
วันที่เก็บ	12-ก.ค.-	21-ก.พ.-	
ตัวอย่างดิน	51	52	
ฤดูกาล	ฝน	แล้ง	

^{1/} n = 30 ซ้ำ

^{2/} = ตัวอักษรที่เหมือนกันหลังตัวเลขในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ในพื้นที่ดินเค็ม ก่อนและหลังปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด

ค่าวิเคราะห์	ก่อน	หลัง	% การเปลี่ยนแปลง
pH (1:2.5) ^{1/}	5.6 a ^{2/}	5.7 a	1.52
EC (1:5) (dS/m)	0.57 a	0.02 b	-96.68
OM (%)	0.44 a	0.49 a	10.48
Total N (%)	0.02 b	0.09 a	384.72
Extr.P (ppm)	10a	6a	-36.93
Exch.K (c mol(+)/kg)	0.63 a	0.12 b	-81.2
Exch.Na (c mol(+)/kg)	0.71 a	0.41 a	-41.6
CEC (c mol(+)/kg)	3.67 a	3.18 a	-13.3

^{1/} n = 30 ซ้ำ

^{2/} = ตัวอักษรที่เหมือนกันหลังตัวเลขในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 3 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน และมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน และมวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน ในพื้นที่ที่ศึกษา

ค่าวิเคราะห์	ก่อน	หลัง	% การเปลี่ยนแปลง
CO ₂ ^{1/}	12.13 a ^{2/}	16.64 b	37.18
MBC	67.46 a	172.32 b	155.44
MBN	81.98 a	25.59 b	-68.79

^{1/} n = 30 ซ้ำ

^{2/} = ตัวอักษรที่เหมือนกันหลังตัวเลขในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ส่วนผลศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน พบว่ากิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินและในพื้นที่ดินเค็มทั้งก่อนและหลัง โดยมีอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ในพื้นที่ดินเค็มมีค่าเฉลี่ย

อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในดินมีค่า 12.13 mgCO₂/day แต่เมื่อหลังมีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ทำให้ค่าเฉลี่ยอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น 16.64 mgCO₂/day (ตารางที่ 3)

มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน ก่อนปลูกมีค่าเฉลี่ย 61.46 แต่เมื่อหลังมีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ทำให้ค่ามวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 172.32 (ตารางที่ 3)

มวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน ก่อนปลูกมีค่าเฉลี่ย 81.98 แต่เมื่อหลังมีการฟื้นฟูโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ทำให้ค่ามวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยลดลง 25.59 (ตารางที่ 3)

สรุปผลการวิจัย

พื้นที่ดินเค็มส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินซึ่งสิ่งมีชีวิตมีบทบาทยิ่งต่อการเป็นผู้ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารและการถ่ายทอดพลังงาน ในระบบห่วงโซ่อาหารนำมาซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้นแนวทางการแก้ไขและฟื้นฟู ปัญหาพื้นที่ดินเค็มควรยึดหลักความสมดุลของระบบนิเวศ โดยเน้นการทำงานของธรรมชาติให้สิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในดินและปัจจัยทางชีวภาพเป็นตัวฟื้นฟูสมบัติของดิน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ดินเค็ม จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการจัดการแก้ไขฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มได้ การให้ความสำคัญกับสิ่งมีชีวิตในดินในพื้นที่ดินเค็มมีความจำเป็นที่ต้องมีการทำการศึกษา โดยมีการจัดการแก้ไข โดยปรับระบบนิเวศให้เหมาะสมต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น การปลูกไม้ยืนต้นเนื่องด้วยการปลูกไม้ยืนต้นในที่รกร้างว่างเปล่า ทำให้เกิดร่มเงาของต้นไม้และเกิดการพึ่งพาสังกันและกัน เพราะสัตว์หน้าดินและสัตว์ในดิน จะทำให้เกิดวัฏจักรในการย่อยสลายของซากพืชและซากของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ให้เป็นธาตุที่จำเป็นแก่ดินพืชและเมื่อพืชเจริญเติบโตขึ้นจนกระทั่งผลิดอกออกผล ก็จะยิ่งดึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เข้า

มาสู่บริเวณนั้นเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงเกิดความหลากหลาย
ขึ้นตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะ

การฟื้นฟูโดยการปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดในพื้นที่
ที่ดินเสื่อมช่วยให้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินบาง
ประการมีคุณสมบัติดีขึ้น และยังช่วยให้มีกิจกรรมของ
สิ่งมีชีวิตในพื้นที่ดินเสื่อมเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการวิจัยการฟื้นฟูความอุดม
สมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ลุ่ม
ดินเสื่อมโดยปลูกไม้ยืนต้นหลากหลายชนิดในพื้นที่ดินเสื่อมที่
ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2552 ที่
สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พิมพ์พันธ์ เจิมสวัสดิพงษ์. 2526. เอกสารประกอบการ
สอนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ของดิน (122 452)
ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรุณี ชูวนิชยม. 2546. การจัดการแก้ไขปัญหาดินเสื่อม.
เอกสารวิชาการกลุ่มวิจัยและพัฒนการจัดการ
ดินเสื่อม สำนักวิจัยและพัฒนากิจการที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 101 น.

Anderson, J.M. and Ingram, J.S.I. 1992. Tropical soil
biology and fertility a handbook of methods.
CAB international., Wallingford, Oxon. 211
p.

Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Total
Nitrogen. Methods of Soil Analysis. Part 2.
Agronomy Monograph 9. American Society
of Agronomy, WI, pp. 595–624.

Schollenberger, C.J., and Simon, R.H. 1945.
Determination of exchange capacity and
exchangeable bases in soil ammonium
acetate method. Soil Sci. 59, 13–24.

Schroth, G., Lehmann, J., and Barrios, E. 2003. Soil
nutrient availability and acidity. CABI Pub.,
Wallingford. P.93-190.

Sparling, G.P. 1991. Organic matter C and soil
microbiomass C as indicators of sustainable
land use. pp. 563-580. In Proceedings of the
International Workshop on Evaluation of
Sustainable Land Management in
Developing World. IBSRAM Proceedings
No.12(2).

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of
the Degtareff method for determining soil
organic matter, and a proposed modification
of the chromic acid titration method. Soil
Sci. 34, 29–38.