อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและรูปแบบการใช้ที่ดินต่อคุณภาพดิน หมู่บ้านละเบ้ายา ตำบลสะเนียน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน

Influence of Land Use Changes and Land Use Practices on Soil Quality at Labouya Village, Sanean Subdistrict, Muang District, Nan Province

พันธ์ศักดิ์ ธาดา[1/] และ ศุภธิดา อ่ำทอง[1/]

Punsak Tada[1/] and Suphathida Aumtong[1/]

Abstract: The soil quality of various land use types was examined through evaluation of its different properties as indicators. Soil samples were collected from 30 locations representing 4 different land use types, e.g. secondary forest (SCF), fruit tree (FT), fallow area (FA) and mixed crop (MC) and were then analyzed for their chemical and physical properties. Results showed that the change of land use in the highland from secondary forest into different kinds of cultivation area, indicated much finer soil texture. Soil bulk density (Bd) was significantly low in no-cultivated soil. For pH values, results indicated that cultivated soil were significantly lower than SCF and FA areas. Additional results showed that soil organic matter content (OM) in cultivated areas was lower than in SCF because the accumulation was lower than its decomposition.

Furthermore, results of the study showed that cation exchange capacity (CEC) in cultivated soil tended to be lower than in SCF, and especially in MC. Similarly, total nitrogen was significantly low in cultivated soil particularly in FT but in FA, available phosphorous was found to be significantly higher than the other land use types. Meanwhile in FA, exchangeable K, Ca and Mg were highest as compared to other land use types. In this study, however, permanganate oxidizable carbon (POC) was highest in MC, there was no reaction in POC from the change in land use. As for soil electrical conductivity (EC), the lower values were found in cultivated areas.

Keywords: land use practices, soil quality

[1/] ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

[1/] Department of Soils and Environmental Resources, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand.

บทคัดย่อ: คุณภาพดินของพื้นที่แบบต่างๆ โดยมีคุณสมบัติดินที่วิเคราะห์ได้เป็นตัวชี้วัดนั้นเก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของรูปแบบการใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ จำนวนทั้งสิ้น 30 แปลง เก็บตัวอย่างดินภายในแปลงย่อยจำนวน 4 ซ้ำ (pseudo replication) จากผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนพื้นที่ป่าใช้สอยไปเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรแบบต่างๆ ของพื้นที่สูงจะมีเนื้อดินที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนาแน่นของดิน (Bd) พบว่าในพื้นที่ทำการเกษตรมีค่า Bd สูงกว่าดินที่ไม่ได้ทำการเกษตร สำหรับค่า pH พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรจะมีค่า pH ในพื้นที่พืชไร่ และพื้นที่ไม้ผล ต่ำกว่าพื้นที่ป่าใช้สอยและพื้นที่ไร่เหล่า ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ในพื้นที่ทำการเกษตรต่ำกว่าพื้นที่ป่าใช้สอย เนื่องจากมีอัตราการสะสมของเศษซากพืชน้อยกว่าการย่อยสลาย

ค่า CEC ของดินที่ใช้ทำการเกษตรมีแนวโน้มต่ำกว่าดินที่เป็นป่าใช้สอย โดยเฉพาะดินที่ปลูกพืชไร่ติดต่อกัน เช่นเดียวกับปริมาณ total nitrogen ในพื้นที่ไม้ผลมีค่าต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สำหรับพื้นที่ไร่เหล่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการใช้ที่ดินรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่พื้นที่ไร่เหล่าจะมีค่า exchangeable K, Ca และ Mg สูงกว่ารูปแบบการใช้ที่ดินแบบอื่น ส่วนพื้นที่พืชไร่มีค่า POC สูง แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ POC ไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สำหรับค่า EC ของดินพบว่าพื้นที่การเกษตรนั้นมีค่า EC ต่ำกว่าพื้นที่แบบอื่น

คำสำคัญ: รูปแบบการใช้ที่ดิน คุณภาพดิน

คำนำ

พื้นที่ส่วนมากของประเทศไทยเป็นพื้นที่สูง โดยเฉพาะในภาคเหนือตอนบนมีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นสลับซับซ้อน มีความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ มีประชากรกลุ่มต่าง ๆ เช่น กระเหรี่ยง ม้ง เย้า ลีซอ และอีก้ออาศัยอยู่ ประชากรเหล่านี้ต่างประกอบอาชีพทางด้านการเกษตรเป็นหลัก โดยทำเพาะปลูกแบบง่าย ๆ อาศัยความรู้การเพาะปลูกตามบรรพบุรุษ เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นพื้นที่ทำกินจำกัดประกอบกับพื้นที่เดิมความอุดมสมบูรณ์ลดลงทำให้เกิดปัญหาในการดำรงชีวิต การเพาะปลูกแบบดั้งเดิมไม่เพียงพอต่อการบริโภค นอกจากนี้ผลจากการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือการดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด จึงทำให้เกษตรบนที่สูงได้เปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูกโดยการมีใช้พื้นที่ต่อเนื่องยาวนานและการใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น เช่น การใส่ปุ๋ยเคมี หรือสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นการผลิตที่ใช้ต้นทุนสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาจทำให้เกิดปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน และทรัพยากรอื่น ๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรดินในปัจจุบัน เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุและผลกระทบอย่างแท้จริงและถูกต้องมากที่สุด เพื่อจะได้แนะนำการผลิตทางด้านการเกษตรอย่างถูกต้องและเหมาะสมแก่เกษตรกรบนที่สูงต่อไป ซึ่งจะเป็นการพัฒนาระบบการเกษตรบนที่สูงให้มีผลผลิตที่คุ้มค่าต่อการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ รวมทั้งจะเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติบนที่สูง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อพื้นที่โดยตรงและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินตามลักษณะของการใช้พื้นที่ โดยใช้แผนที่การใช้ที่ดินและการเดินสำรวจพื้นที่การเกษตรรอบหมู่บ้าน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างดินในช่วงเดือนเมษายน 2547 จากที่การใช้ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษามีความไม่สม่ำเสมอกัน จึงได้เก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของรูปแบบการใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ ที่สามารถแบ่งแยกได้อย่างชัดเจนเท่านั้น (ตารางที่ 1) จำนวนทั้งสิ้น 30 แปลง โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างดินภายในแปลงย่อยจำนวน 4 ซ้ำ (pseudo replication) โดยแต่ละซ้ำมีขนาดประมาณ 10 × 5 เมตร ซึ่งจะเก็บตัวอย่าง 8 จุดภายในแปลงย่อยนำมารวมเป็น 1 ตัวอย่าง โดยมีตัวอย่างดินทั้งหมด 120

Table 1 Function of CRSCs in producing quality seed, type of seed and rice variety.

Land use type	symbol	No. of sample	characteristic
Secondary Forest	SCF	32	The secondary forest sites (30 years old) were dominated by woody mixed trees and bamboo, and covered area nearly 60-70 % closed canopies. Eight sites (replication) were sampled from this land use.
Fallow Area	FA	8	The fallow sites (1-3 years old) were dominated by young bamboo and grass. Soil samplings were sampled 2 replications.
Fruit Tree	FT	68	The fruit tree sites were planted with lychee, orange and/or longan about 5-10 years old. Soil samplings were sampled 17 replications.
Mixed Crop	MC	12	The mixed crop cultivation was established about 30 years ago with upland rice and/or maize remaining planted. Soil samplings were sampled 3 replications.

ตัวอย่าง นำไปตากแบบผึ่งให้แห้งในร่ม (air–dry) แล้วบดผ่านตระแกรงร่อนดินขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร และทำการเก็บตัวอย่างแบบไม่ทำลายโครงสร้างของดินแต่ละจุดโดยใช้หลอดเก็บตัวอย่างดิน (soil core) ด้วย

การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีเพื่อประเมินคุณภาพดิน

1. เนื้อดิน (soil texture) วิเคราะห์หาโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) (Gee and Bauder ,1986)

2 ความหนาแน่นรวมดิน (bulk density, Bd) จะเก็บตัวอย่างแบบ undisturbed sampling โดยวิธีการเก็บแบบใช้ soil core

3. ความเป็นกรด – ด่างของดิน (soil pH) โดยวิธีดิน: น้ำ = 1:1

4. ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) วิเคราะห์หาโดยวิธีการของ Walkley and Black (1934)

5. วิเคราะห์ปริมาณ permanganate oxidizable carbon (POC) โดยวิธี Weil *et al*. (2003)

6. ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity, CEC) วิเคราะห์หาโดยวิธีการของ Peech (1945)

7. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen) วิเคราะห์หาโดยวิธี Micro Kjeldahl (Bremner and Mulvaney,1982)

8. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) วิเคราะห์หาโดยการสกัดตัวอย่างดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II โดยวิธีการของ Alexander and Robertson (1970)

9. ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium, calcium and magnesium) วิเคราะห์หาโดยการสกัดตัวอย่างดินด้วยแอมโมเนียมซิเตทที่มีความเป็นกรด–ด่าง 7 (Jackson,1958)

10. ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) โดยวิธีดิน:น้ำ = 1:5 โดย glass-calomel electrode (Anderson and Ingram, 1993).

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาผลของรูปแบบการใช้ที่ดินต่อคุณสมบัติของดิน โดยใช้แผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบของการใช้ที่ดินโดยใช้ค่า least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์

เนื้อดิน (Soil Texture)

การใช้ประโยชน์ที่ดินของหมู่บ้านละเบ้ายาในประเภทต่าง ๆ พบว่ามีความต่างกันออกไป โดยพบว่าพื้นที่ป่าใช้สอย มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) โดยมีอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียวเท่ากับ 40, 21 และ 39 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ไร่เหล่า มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) โดยมีอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียวเท่ากับ 31, 23 และ 46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่พืชไร่ มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว โดยมีอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียวเท่ากับ 24, 24 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับพื้นที่ไม้ผลที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว โดยมีอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียวเท่ากับ 30, 26 และ 44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ภาพที่ 1) จากการใช้ประโยชน์ของที่ดินทั้ง 4 รูปแบบในบริเวณพื้นที่สูงดังกล่าว พบว่าป่าใช้สอยมีเนื้อดินร่วนเหนียว ซึ่งเป็นเนื้อดินที่หยาบกว่าพื้นที่ไม้ผล พื้นที่พืชไร่ และพื้นที่ไร่เหล่า อาจจะกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนพื้นที่ป่าใช้สอยไปเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรแบบต่าง ๆ ของพื้นที่สูงในเขตลุ่มน้ำขุนสมุนตอนล่างจะมีเนื้อดินที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น โดยเกิดจากการสูญเสียหน้าดินโดยการชะล้างหน้าดินจากพื้นที่การเกษตร ทำให้ดินชั้นล่างที่เป็นชั้นการสะสมอนุภาคดินเหนียวถูกใช้เพื่อการเกษตรในปัจจุบันโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกพืชไร่

ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density, Bd)

พื้นที่ไร่เหล่า พื้นที่ป่าใช้สอย พื้นที่ไม้ผล และพื้นที่พืชไร่จะมีค่า Bd ของดิน 1.19, 1.28, 1.39 และ 1.40 g/cm^3 ตามลำดับ (ภาพที่ 2) จะเห็นว่าพื้นที่ทำการเกษตรมีค่า Bd สูงกว่าดินที่ไม่ได้ทำการเกษตร (พื้นที่ไร่เหล่าและพื้นที่ป่าใช้สอย) เนื่องจากรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการพื้นที่ไม้ผลและพื้นที่พืชไร่ เช่น การเตรียมพื้นที่ การปลูกมีการเหยียบย่ำ และการจัดการต่าง ๆ เช่น การเผา โดยมีผลโดยตรงต่อค่า Bd (Mills and Fey, 2004) ส่วนทางอ้อมนั้นมีการสูญเสียอินทรียวัตถุออกจากพื้นที่การเกษตรทำให้ดินขาดความร่วนซุย อาจเพราะพื้นที่ป่าใช้สอยมีการสะสมอินทรียวัตถุสูงกว่าพื้นที่การเกษตร ในขณะที่พื้นที่ไร่เหล่ามีการพักพื้นที่ไว้จึงมีโอกาสถูกเหยียบย่ำหน้าดิน และสูญเสียหน้าดินน้อยกว่าพื้นที่การเกษตร จึงทำให้มี Bd ของดินต่ำกว่าพื้นที่การเกษตร

ปฏิกิริยาของดิน (Soil Reaction, pH)

การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในรูปแบบต่าง ๆ มีค่า pH ที่แตกต่างกัน โดยที่พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ผล พื้นที่ป่าใช้สอย และพื้นที่ไร่เหล่า มีค่า pH 4.92 , 5.07 , 5.64 และ 5.66 ตามลำดับ (ภาพที่ 3) ซึ่งพบว่าพื้นที่ไม้ผลและพื้นที่พืชไร่จะแตกต่างกับพื้นที่ป่าใช้สอยและพื้นที่ไร่เหล่าอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ชัดเจนว่าดินที่ใช้ทำการเกษตรมีค่า pH ต่ำดินที่ป่าใช้สอยและไร่เหล่าอาจเนื่องมาจากพื้นที่เกษตรได้รับการใส่ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ จากช่วงระดับ pH ดังกล่าวอาจทำให้การเกษตรบนพื้นที่สูงประสบปัญหาดินขาดฟอสฟอรัส หรือเกิดความเป็นพิษของจุลธาตุบางชนิด เช่น เหล็ก หรือแมงกานีสได้ (ปัทมา, 2533) ในขณะที่ การเผาอาจจะลดปัญหาความเป็นกรดของดิน (ระวี, 2548) โดยเฉพาะดินที่ทำการเกษตรของพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (slope complex) บริเวณลุ่มน้ำขุนสมุนได้ แต่อาจจะมีผลในระยะสั้นเท่านั้น

ปริมาณอินทรียวัตถุ (Soil Organic Matter, OM)

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 4 รูปแบบคือ พื้นที่ป่าใช้สอย พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ผล และพื้นที่ไร่เหล่า พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินแต่ละพื้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.52 3.21 , 3.19 และ 2.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละรูปแบบมีปริมาณอินทรียวัตถุที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นได้ว่า

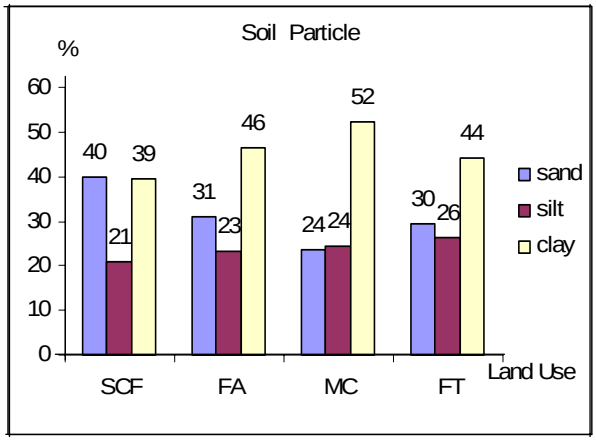

Figure 1 Soil particle proportions and soil texture of different land use types.

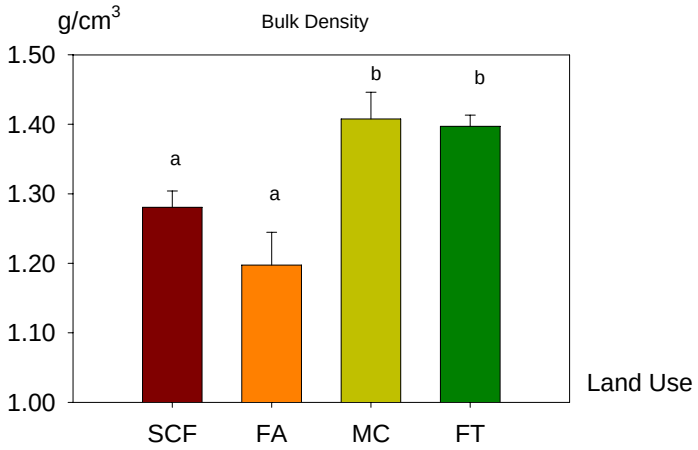

Figure 2 Soil bulk density (Bb) of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

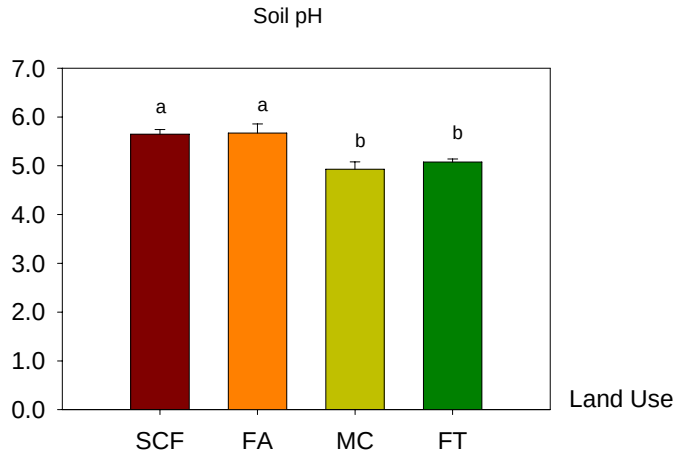

Figure 3 Soil pH (1:1) of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

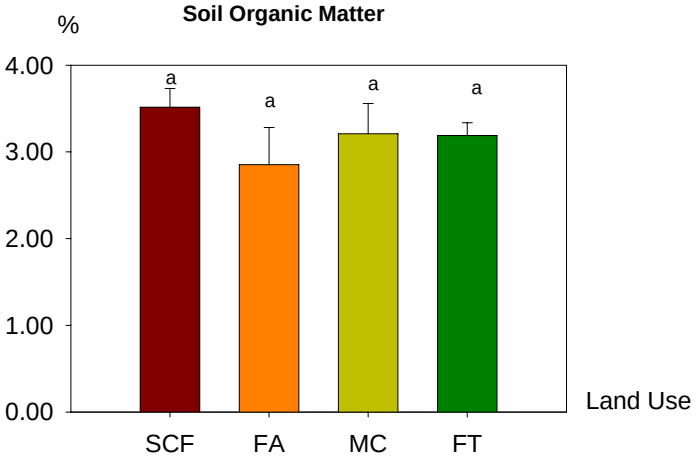

Figure 4 Soil organic matter (OM) of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

พื้นที่ใช้ทำการเกษตรเพื่อปลูกพืชไร่ และไม้ผล มีอินทรียวัตถุต่ำกว่าพื้นที่ป่าใช้สอย เนื่องจากมีอัตราการสะสมของเศษซากพืชต่ำกว่าการย่อยสลาย หรืออาจมีการนำเอาซากอินทรีย์ออกจากพื้นที่และการพังทลายของดิน (Ranamukhaarachchi *et al*., 2005) ในขณะที่การเผาเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการลดลงอินทรียวัตถุในดินที่ใช้ทำการเกษตร และพื้นที่ไร่เหล่า (Boonyanuphap, 2005) การที่ปริมาณอินทรียวัตถุในพื้นไร่เหล่ามีปริมาณต่ำที่สุดซึ่ง Bruun *et al*. (2006) ได้รายงานค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ปล่อยพื้นที่ไว้ ในระบบการเกษตรแบบไร่หมุนเวียน (shifting cultivation) กับการสะสมของอินทรียวัตถุในดินมีค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Ramakrishnan and Toky (1981) ได้รายงานว่าปริมาณอินทรียวัตถุจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาปล่อยพื้นที่ไว้ (fallow length)

Permanganate Oxidizable Carbon (POC)

จากการศึกษาปริมาณ POC ในดินรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ผล พื้นที่ป่าใช้สอยและพื้นที่ไร่เหล่า พบว่ามีปริมาณ 4815.9, 4662.3, 4497.9 และ 3220.4 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 5) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปริมาณ POC ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละรูปแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พื้นที่พืชไร่จะมีค่า POC สูง อาจเนื่องมาจากพื้นที่พืชไร่ได้รับสารอาหารจากภายนอกเข้าไปด้วยซึ่งเกษตรกรได้มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้น คุณภาพของเศษวัสดุที่ได้จากพื้นที่ทำการเกษตรแบบนี้จะให้คุณภาพสูงกว่าสารอินทรีย์ที่พบในพื้นที่ป่า (Aumtong, 2005) ดังนั้นอินทรียวัตถุที่ได้จากพื้นที่พืชไร่เป็นวัสดุอินทรีย์ที่ง่ายต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ POC มีส่วนสำคัญต่ออินทรียวัตถุในดิน ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการหรือระดับความรุนแรงของการใช้ที่ดิน การจัดการดิน เช่น การเผาวัสดุอินทรีย์หรือการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Fynn *et al*, 2003) รวมทั้งสภาพพื้นที่ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณ labile carbon fraction ทั้งสิ้น

ความสามารถการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC)

CEC เป็นปริมาณแคตไอออนทั้งหมดที่ดินหรือคอลลอยด์นั้นสามารถดูดยึดไว้ได้ พบว่าพื้นที่พืชไร่ พื้นที่ป่าใช้สอย พื้นที่ไม้ผล และพื้นที่ไร่เหล่า มี CEC เฉลี่ยเท่ากับ 16.41, 18.44, 22.43 และ 31.52 cmol/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 6) โดยพื้นที่ไร่เหล่ามีค่า CEC สูงกว่าการใช้ที่ดินทุกรูปแบบ โดยที่พื้นที่พืชไร่และพื้นที่ป่าใช้สอยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่พื้นที่ไร่เหล่ามีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบอื่น ๆ ดินที่ใช้ทำการเกษตรค่า CEC มีแนวโน้มต่ำ

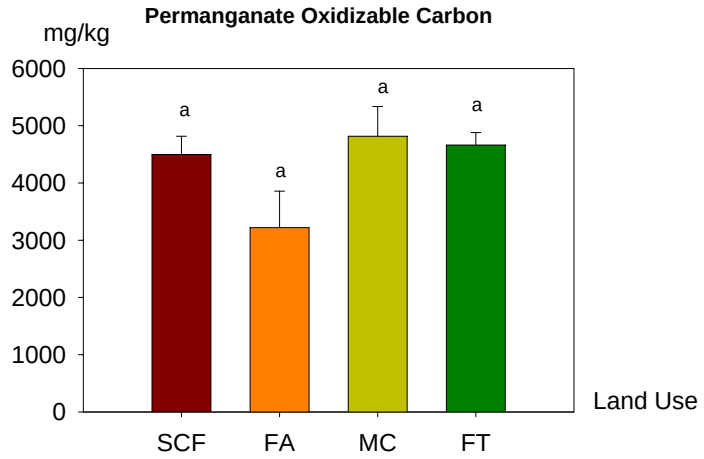

Figure 5 Permanganate oxidizable carbon (POC) of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

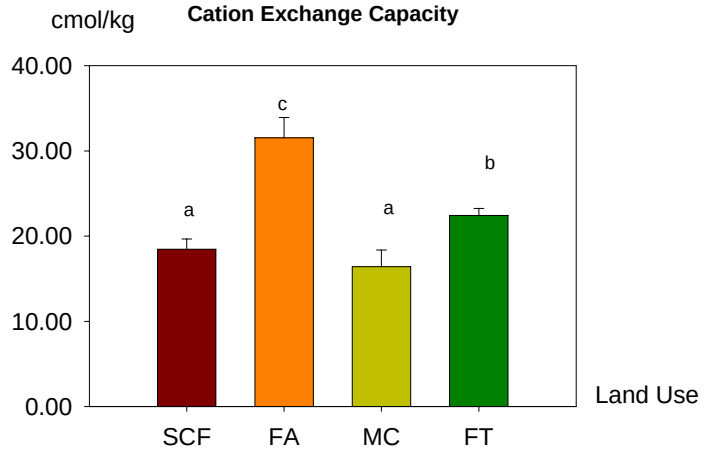

Figure 6 Cation exchange capacity (CEC) of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

กว่าดินที่เป็นป่าโดยเฉพาะดินที่ปลูกพืชไร่ติดต่อกัน เนื่องจากการลดลงของ pH ของดิน นอกจากนี้ พบว่าการปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่าทำให้ดินมีค่า CEC สูงขึ้น อาจจะเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่สูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ ส่วนในพื้นที่ไม้ผลนั้นถึงแม้จะเป็นพื้นที่การเกษตร แต่เนื่องจากมีการสูญเสียอินทรียวัตถุน้อยกว่าพื้นที่ปลูกพืชไร่

ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen)

Total nitrogen มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก โดยไนโตรเจนในดินจะได้มาจากการการสลายตัวของอินทรียวัตถุ และจากปุ๋ยเคมีเป็นหลัก ผลการศึกษาปริมาณ total nitrogen พบว่าพื้นที่ไม้ผล ป่าใช้สอย พื้นที่พืชไร่ และพื้นที่ไร่เหล่า มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 2582, 2613, 3182 และ 3746 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

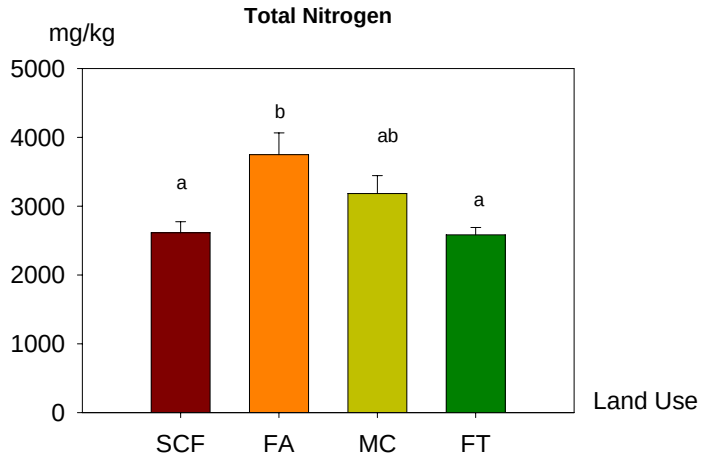

Figure 7 Total nitrogen of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

โดยปริมาณ total nitrogen ของพื้นที่ไร่เหล่าจะสูงกว่าพื้นที่ไม้ผล และพื้นที่ป่าใช้สอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าพื้นที่การเกษตรโดยเฉพาะพื้นที่ไม้ผลมีปริมาณ total nitrogen ต่ำสุด อาจมาจากอินทรียวัตถุสลายตัวได้เร็ว ทำให้ปริมาณ total nitrogen ต่ำไปด้วย นอกจากนี้การดูดธาตุอาหารไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณมาก และมีเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ในรูปของผลผลิต (Chen and Chiu, 2000) รวมถึงพื้นที่การเกษตรมีการเผาทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจน (Mertz and Magid, 2001, ระวี, 2548) สิ่งเหล่านี้อาจจะทำให้พืชมีโอกาสขาดไนโตรเจนได้ ถึงแม้ว่าเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยลงไป แต่ก็อาจไม่พอเพียง แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าพื้นที่พืชไร่ซึ่งมีการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ พบว่ามีปริมาณ total nitrogen สูงกว่าพื้นไม้ผล จากการศึกษาของ Tanaka *et al.* (2001) ได้ศึกษาผลของการเผาในระบบการทำไร่เลื่อนลอยในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย และรายงานว่าปริมาณอินทรีย์ และอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ภายหลังการเผาทันที และภายหลังการเผาไปแล้ว 4 เดือน เพราะการเผาทำให้เซลจุลินทรีย์ถูกทำลาย รวมทั้งมีการละลายของอินทรีย์และอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (Giardina *et al*., 2000) สิ่งเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุที่พื้นที่พืชไร่มีปริมาณ total nitrogen สูงกว่าพื้นที่ไม้ผล

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Phosphorus, Avai. P)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง จากผลการศึกษาปริมาณ avai. P ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 4 รูปแบบ คือ พื้นที่ไร่เหล่า พื้นที่ไม้ผล พื้นที่ป่าใช้สอย และพื้นที่พืชไร่ พบว่ามี avai. P เท่ากับ 30.51, 20.13, 11.11 และ 8.90 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 8) พบว่าพื้นที่พืชไร่ พื้นที่ป่าใช้สอยและพื้นที่ไม้ผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่พื้นที่ไร่เหล่าแตกต่างกับพื้นพืชไร่และพื้นที่ป่าใช้สอยอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่าพื้นที่เกษตรอาจได้รับฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจากปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น จากการใช้ปุ๋ยเคมี การเผา หรือการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ (Mertz and Magid, 2001) พื้นที่ไม้ผล และพื้นที่ปลูกพืชไร่มีโอกาสขาดฟอสฟอรัสเพราะอาจจะมีการตรึงฟอสฟอรัสเนื่องจากดินเป็นกรด (ปัทมา, 2533) หรืออาจจะถูกชะล้างออกจากพื้นที่โดยการพังทลายของดิน (Gimeno-García *et al.*, 2000) หรืออาจจะสูญเสียไปกับผลผลิต ตลอดจนชนิดของปุ๋ยเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม สิ่งเหล่านี้อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชหลักขาดฟอสฟอรัสได้ แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Snyman (2003) รายงานว่าผลของการเผาทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ทำให้ปริมาณ avai. P ที่สกัดด้วย Brayl

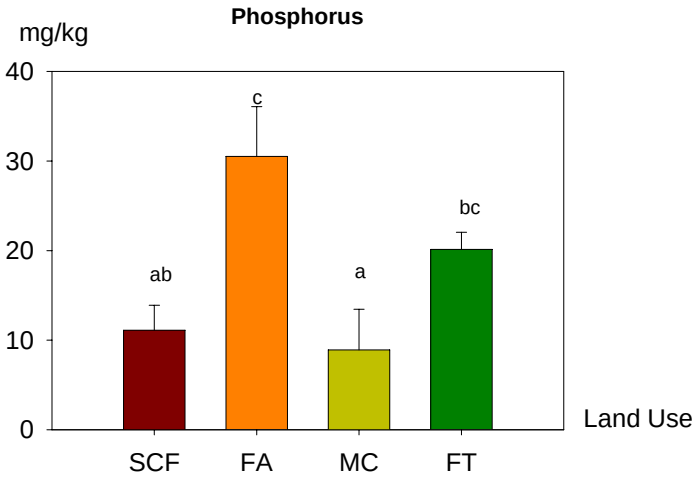

Figure 8 Available phosphorus of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

นั้นลดลง เพราะถูกตรึงไว้ในดิน สำหรับพื้นที่ป่าใช้สอยมีปริมาณ avai. P ต่ำกว่าพื้นที่การเกษตรนั้น อาจเพราะมีการสูญเสียไปกับกระบวนการชะล้าง การพังทลาย หรือความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสมีค่าต่ำอยู่แล้วตลอดจนปริมาณ avai. P ถูกเก็บไว้ในรูปของต้นไม้ หรือซากอินทรีย์ต่าง ๆ (Tiessen *et al.*,1984) จากรายงานของ Möller *et al.* (2000) กล่าวถึงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) ในดินป่าชนิดต่าง ๆ พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าพื้นที่การเกษตรที่ใช้ปลูกกะหล่ำโดยเฉพาะดินชั้นบน โดยฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปส่วนประกอบของอินทรียวัตถุ และมีปริมาณน้อยมากที่จะถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Harrison,1982)

โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca and Mg)

จากผลการศึกษา exchangeable K จากรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ คือ พื้นที่ไร่เหล่า พื้นที่ไม้ผล พื้นที่ป่าใช้สอยและพื้นที่พืชไร่ พบว่าปริมาณ exchangeable K มีค่าเท่ากับ 0.72, 0.65, 0.58 และ 0.53 cmol/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 9) โดยรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละรูปแบบมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรตามพบว่าพื้นที่ทำการเกษตรโดยเฉพาะพื้นที่พืชไร่มีปริมาณ exchangeable K ต่ำที่สุด ขณะที่จากการศึกษาปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable Ca) ในแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ไร่เหล่า พื้นที่ป่าใช้สอย พื้นที่ไม้ผลและพื้นที่พืชไร่ พบว่าปริมาณแคลเซียมในดินมีค่า 14.69, 11.32, 8.95 และ 5.43 cmol/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 10) จากการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าพื้นที่พืชไร่จะมีความแตกต่างกันทางสถิติกับพื้นที่ป่าใช้สอยและพื้นที่ไร่เหล่าอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนพื้นที่ไม้ผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้พื้นที่ในลักษณะอื่น ๆ ส่วนผลการศึกษาหาปริมาณ exchangeable Mg ในดินของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ พื้นที่ไร่เหล่า พื้นที่ป่าใช้สอย พื้นที่พืชไร่และพื้นที่ไม้ผล มีปริมาณเท่ากับ 3.43, 2.11, 2.02 และ 1.74 cmol/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 11) โดยพื้นที่ไร่เหล่ามีความแตกต่างจากพื้นที่ไม้ผลอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าพื้นที่ไม้ผล พื้นที่พืชไร่และพื้นที่ป่าใช้สอยจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Exchangeable base cations เหล่านี้มีความเป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำอยู่แล้วเพราะเป็นลักษณะของดินในเขตร้อน (Buol *et al.*, 2003) สำหรับพื้นที่การเกษตรอาจได้รับ exchangeable K, Ca และ Mg เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยเคมีและการเผา เช่นเดียวกับที่พื้นที่ไร่เหล่าจะได้รับ exchangeable cations ดังกล่าวจากการเผา

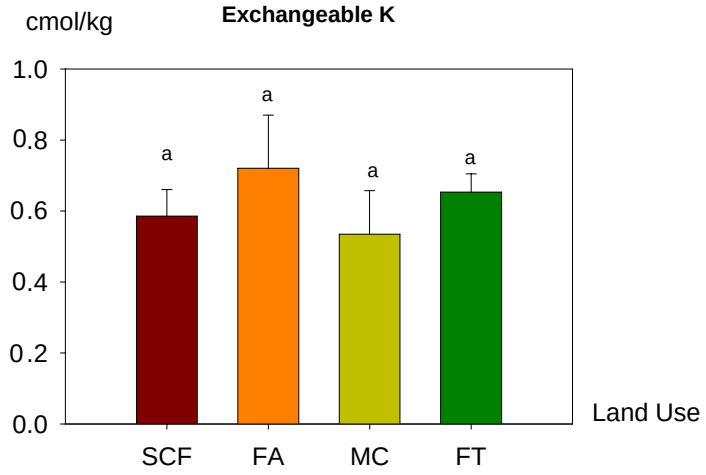

Figure 9 Exchangeable potassium of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

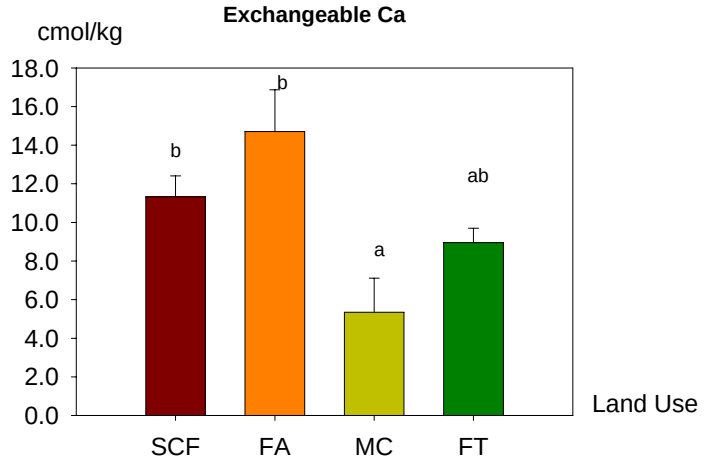

Figure 10 Exchangeable calcium of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

(Gimeno-García *et al.*, 2000) ส่วนพื้นที่ป่าใช้สอยอาจจะได้รับมาจากการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ เช่น ใบและกิ่ง เป็นต้น และการเผาของวัสดุอินทรีย์ของป่าใช้สอยในฤดูแล้งเพื่อป้องกันไฟป่า ตลอดจนธาตุอาหารเหล่านี้บางส่วนอาจมาจากการสลายตัวผุพังของแร่ (Borggaard and Elberling, 2004b) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นพื้นที่การเกษตรว่าแนวโน้มธาตุอาหารเหล่านี้ อาจถูกเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่การเกษตรในรูปของผลผลิต (Boonyanuphap, 2005) โดยเฉพาะโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณสูง และถ้าพืชได้รับจากการสลายตัวจากแร่อย่างเดียวคงไม่เพียงพอ เพราะถ้าไม่มีการทดแทน หรือเพิ่มเติมให้เหมาะสมอาจทำให้พืชขาดโพแทสเซียมได้ และความเป็นประโยชน์ของ exchangeable base cations ลดลงเพราะ ระดับ pH ในดินทำการเกษตรลดลงด้วย นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้มีข้อสังเกตประการหนึ่งคือการสูญเสียธาตุอาหารเนื่องจาก

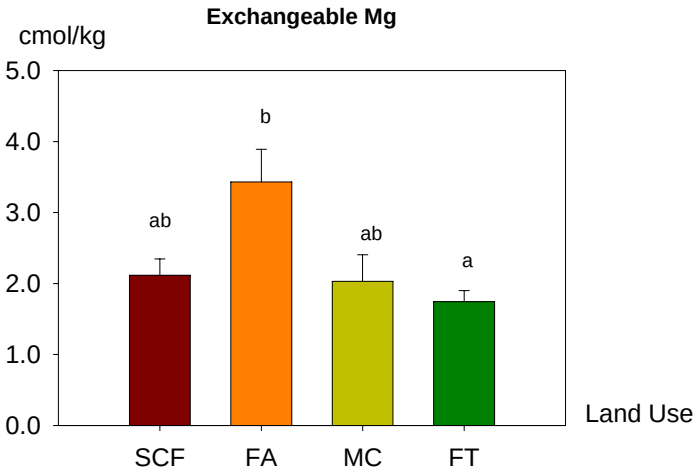

Figure 11 Exchangeable magnesium of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

การพัดพาของเถ้า เนื่องจากช่วงเวลาการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนการเพาะปลูกและช่วงเวลาฝนตกนั้นมีบทบาทต่อการชะล้างดินและธาตุอาหารออกจากพื้นที่เกษตร ซึ่งพันธ์ศักดิ์ (2550) ได้ศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและระบบผลิตการเกษตรของชุมชนเย้า (เมี่ยน) หมู่บ้านละเบ้ายา ต.สะเนียน อ.เมือง จ.น่านพบว่ามีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชพ่นทั้งซากผลผลิตและวัชพืชในแปลง โดยจะพ่นก่อนที่จะเริ่มทำการเพาะปลูกในปีถัดไปประมาณ 1-2 เดือน จากนั้นปล่อยให้แห้งแล้วทำการเผาเศษซากโดยพื้นที่ส่วนใหญ่นั้นได้รับการเผาทุกปี ส่วนในแปลงปลูกไม้ผลมีจัดการกับเศษซากพืชส่วนใหญ่ทำการตัดแต่งกิ่งแล้วเผา โดยนำวัสดุเศษเหลือต่าง ๆ มารวมกันเป็นกองแล้วเผาในแปลงเลย ซึ่งจากการสำรวจพื้นที่พืชไร่ขณะเก็บตัวอย่างดินพบว่ามีการพัดพาเถ้าลงไปรวมกันบริเวณตอนล่างของพื้นที่ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลาการเผาเศษซากวัชพืชเพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนการเพาะปลูก โดยถ้ามีฝนตกลงมาในช่วงหลังการเผาไม่นาน น้ำฝนจะพัดพาและชะล้างเถ้าซึ่งมีธาตุอาหารเหล่านี้ (Giardina *et al*., 2000) และช่วงเวลาฝนตกนั้นมีความสำคัญต่อการพัดพาหน้าดินและธาตุอาหาร ทำให้มีโอกาสที่จะสูญเสียธาตุอาหารในกระบวนการพังทลายของดิน (Borggaard and Elberling, 2004a) ออกจากพื้นที่การเกษตรซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพราะถือว่าเป็นการสูญเสียธาตุอาหารพืชที่สำคัญอีกทางหนึ่งด้วย ในขณะที่พื้นที่ไร่เหล่าแสดงแนวโน้มว่ามี exchangeable base cations สูงกว่าพื้นที่แบบอื่น ๆ อาจมาจากระดับ pH ที่สูง และปลดปล่อยมาจากเถ้าที่เกิดจากการเผาและตกค้างมาจากการใช้พื้นที่ในอดีต ตลอดจนมีปล่อยว่างพื้นที่ไว้ แต่อย่างไรก็ตาม Bruun *et al*. (2006) รายงานว่าไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการปล่อยว่างของพื้นที่กับการคลังปริมาณธาตุอาหาร (stock) เหล่านี้ในระบบเกษตรแบบไร่หมุนเวียน

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity, EC)

จากการศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 4 รูปแบบ พบว่าพื้นที่ไร่เหล่า พื้นที่ป่าใช้สอย พื้นที่ไม้ผล และพื้นที่พืชไร่มีค่า EC เท่ากับ 129, 89, 60 และ 50 µS/cm ตามลำดับ (ภาพที่ 12) จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าพื้นที่ไร่เหล่าจะแตกต่างกับพื้นที่ไม้ผลและพื้นที่พืชไร่ ส่วนพื้นที่ป่าใช้สอยจะมีความแตกต่างกับพื้นที่ไม้ผลอย่างมีนัยสำคัญ พื้นที่การเกษตรของดินลาดชันเชิงซ้อนมีค่า EC เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยเคมี สลายตัวผุพังของแร่ และเผา จึงทำให้ดินชั้นบนที่มีการสะสมของปุ๋ยเคมี และเถ้าที่เป็นสาเหตุการเพิ่มขึ้นของ EC แต่ในพื้นที่เกษตรมีการพังทลายเกิดขึ้นพัดพานำดินชั้นบนออกจากพื้นที่ทำให้ค่า EC ต่ำกว่าพื้นที่ไร่เหล่านั้น (Soto and

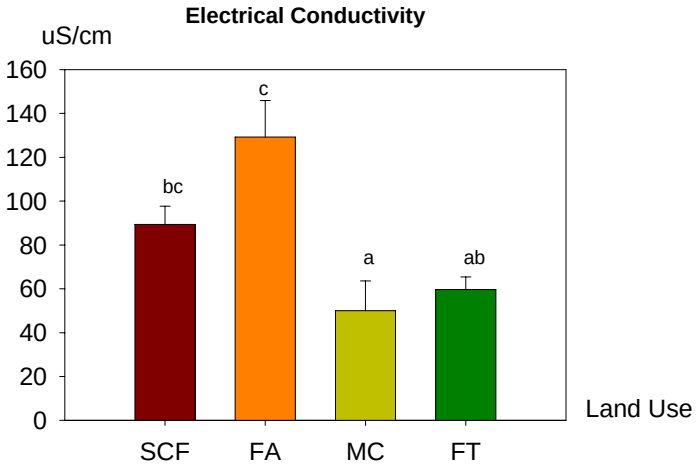

Figure 12 Soil electrical conductivity of different land use types.

* Similar letter indicates an absence of a significant difference. (P= 0.05, bar = standard error)

Díaz-Fierros, 1998) ขณะที่พื้นที่ไร่เหล่ามีค่า EC สูง ซึ่งสอดคล้องกับระดับ pH ที่สูงด้วย นอกจากนี้ปริมาณ exchangeable base สูงอาจเพราะเคยได้รับการเผาจากผลของตกค้างของเถ้าจะมีผลต่อคุณสมบัติของดิน โดย Oguntunde *et al.* (2004) ได้รายงานว่าการตกค้างจะทำให้ค่า EC , exchangeable base และ pH ของดินเพิ่มขึ้นด้วย

สรุป

จากการศึกษาพื้นที่การเกษตรของหมู่บ้านละเบ้ายาที่มีการใช้ที่ดินแตกต่างกัน พบว่าคุณภาพดินในพื้นที่การใช้แบบต่าง ๆ มีคุณสมบัติดินที่แตกต่างกันออกไป โดยพบว่าพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่ามาเป็นพื้นที่ทำการเกษตรทำให้คุณภาพดินโดยรวมลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการในพื้นที่การเกษตรที่ไม่เหมาะสม มีการสูญเสียหน้าดินโดยการชะล้างหน้าดินออกจากพื้นที่การเกษตร รวมทั้งมีการใช้พื้นที่อย่างต่อเนื่องทำให้ดินเสื่อมคุณภาพลง จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินทั้งปัจจุบันและอนาคต และอาจทำให้เกษตรกรมีค่าใช้จ่ายเพื่อซื้อปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ปัทมา วิตยากร. 2533. ดิน: แหล่งธาตุอาหารของพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 211 หน้า.

พันธ์ศักดิ์ ธาดา. 2550. ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและรูปแบบการใช้ที่ดินต่อคุณภาพดิน กรณีศึกษา: หมู่บ้านละเบ้ายา ต.สะเนียน อ.เมือง จ.น่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.105 หน้า.

ระวี รัตนาคม. 2548. ผลกระทบของไฟต่อดินในป่าเต็งรัง ณ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.167 หน้า.

Alexander, T.G. and J. A. Robertson. 1970. Ascorbic acid as a reductant for inorganic phosphorus determination in Chang and Jackson fractionation procedure. Soil Science 110:361-362.

Anderson, J.A. and J.S.I. Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods 2nd edition. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 240 pp.

Aumtong, S. 2005. Soil carbon fractions and carbon fractions stock under agroecological land use succession in Khun Samun Watershed, Northern Thailand. The paper presented at academic seminar on "Sustainable of Land Use and Resource Management", 16-17 December 2005, Maejo University, Thailand.13 pp.

Boonyanuphap, J. 2005. Soil nutrient status affected by burning practice and fallow period in lower Northern Thailand. Proceedings of the 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology, 18 – 20 October 2005, Nakhon Ratchasima, Thailand.

Borggaard, O.K. and B. Elberling. 2004a. Pedological Biogeochemistry, Part 1. Paritas Grafik A/S Brondby. 276 pp.

Borggaard, O.K. and B. Elberling. 2004b. Pedological Biogeochemistry, Part 2. Paritas Grafik A/S Brondby. 488 pp.

Bremner, J. M. and C.S. Mulvaney. 1982. Total nitrogen. pp. 595-622 *In*: Page A.L., R.H. Miller ,and D.R. Keeney (eds). Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties , Second Edition. American Society of Agronomy, Medison, WI. 1159 pp.

Bruun, T.B., O. Mertz and B. Elberling. 2006. Linking yields of upland rice in shifting cultivation to fallow length and soil properties. Agriculture Ecosystems and Environment 113:139-149.

Buol, S .W., R.J. Southard, R. C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. Soil Genesis and Classification ,5th edition. The Iowa State Univ. Press., Ames, Iowa. 494 pp.

Chen, J.S. and C.Y. Chiu. 2000. Effect of topography on the composition of soil organic substances in a perhumid sub-tropical montane forest ecosystem in Taiwan. Geoderma 96:19-30.

Fynn, R. W.S., R. J. Haynes and T.G. O' Connor. 2003. Burning causes long-term changes in soil organic matter content of a South African grassland. Soil Biology and Biochemistry 35: 677-687.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. *In* Klute, A. (ed.). Methods of Soil analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph 9, 2nd edition. America Society of Agronomy, Madison, WI.1188 pp.

Giardina, C.P., R.L. Sanford Jr., I.C. Dockersmith, and V.J.Jaramillo. 2000. The effects of slash burning on ecosystems nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. Plant and Soil 220:247-260.

Gimeno-García, E. , V. Andreu and J.L. Rubio. 2000. Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape. European Journal of Soil Science 51: 201–210.

Harrison, A.F. 1982. ^{32}P-method to compare rates of mineralization of labile organic phosphorus in woodland soils. Soil Biology and Biochemistry 14: 337-341.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis, 4th Edition. Prentice-Hall, Englewood Clifts, NJ. 498 pp.

Mertz, O. and J. Magid. 2001. Shifting cultivation as conservation framing for humid tropical areas. pp. 55-59. *In*: Proceedings of the

First World Congress on Conservation Agriculture, Madrid.

Mills, A. J. and M.V. Fey. 2004. Frequent fires intensify soil crusting: physicochemical feedback in the pedoderm of long-term burn experiments in South Africa. Geoderma 121: 45-64.

Möller, A., K. Kaiser, W. Amelung, C. Niamskul, S. Udosri, M. Puthawong, L. Haumaier and W. Zech. 2000. Forms of organic C and P extracted from tropical soils as assessed by liquid-state ^{13}C- and ^{31}P-NMR spectroscopy. Australian Journal of Soil Research 38:1017-1035.

Oguntunde, P. G. , M. Fosa , A. E. Ajaya and N. van de Giesen. 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. Biology and Fertility of Soils 39: 295-299.

Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soil: rapid micro methods ultilizing centrifuge and spectrophotometer. Soil Science 59: 25-28.

Ramakrishnan, P.S. and O.P. Toky. 1981. Soil nutrient status of hill agro-ecosystems and recovery pattern after slash and burn agriculture (jhum) in North-eastern India. Plant and Soil 60: 41-64.

Ranamukhaarachchi, S.L., M. Mizanur Rahman and N.B. Shamsun. 2005. Soil fertility and land productivity under different cropping patterns in highlands and medium highlands of Chandina Upazilla, Bangladesh. Asia-Pacific Journal of Rural Development 15: 63-76.

Soto, B. and F. Díaz-Fierros. 1998. Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: Comparison of experimental results with those predicted by the WEPP model. Catena 31: 257-270.

Snyman, H.A. 2003. Short-term response of rangeland following an unplanned fire in terms of soil characteristics in semi-arid climate of South Africa. Journal of Arid Environments 55: 160-180.

Tanaka, S., T. Ando, S. Funakawa, C. Sukhrun, T. Kaewkhongkha and K. Sakurai. 2001. Effect of burning on soil organic matter content and N mineralization under shifting cultivation system of Karen people in Northern Thailand. Soil Science and Plant Nutrition 47: 547-558.

Tiessen, H. J., W.B. Stewart and C.V. Cole. 1984. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. Soil Science Society of America Journal 48: 853-858.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the degtjarff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Weil, R.R., K.R. Islem, M.A. Stien, J.J. Gruver and S.E. Samson-Liebig. 2003. Estimate active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. American Journal of Alternative Agriculture 18: 1-16.