

# สมบัติทางฟิสิกส์ดินและการย่อยสลายของเศษซากใบยางพารา ในแปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกัน

## Soil physical properties and rubber litter decomposition in the rubber chronosequence plantation

ปรีนทร บุญเกื้อ<sup>1</sup>, วิทยา ตีโรเกส<sup>1\*</sup>, สุภัทร อิศรางกูร ณ อยุธยา<sup>1</sup>, ชุตินันท์ ชูสาย<sup>1</sup>,  
สิวพร สีสเตโช<sup>2</sup>, Claude Hammecker<sup>3</sup>, Christian Hartmann<sup>4</sup> และ นพมณี สุวรรณัง<sup>2</sup>

Parintorn Boonkua<sup>1</sup>, Vidhaya Trelo-ges<sup>1\*</sup>, Supat Isarangkool Na Ayutthaya<sup>1</sup>,  
Chutinan Choosai<sup>1</sup>, Siwaporn Siltacho<sup>2</sup>, Claude Hammecker<sup>3</sup>,  
Christian Hartmann<sup>4</sup> and Nopmanee Suvannang<sup>2</sup>

**บทคัดย่อ:** การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน และอัตราการย่อยสลายของเศษซากใบยางพาราในแปลงยางพาราของเกษตรกรที่บ้านคำไฮผักแว่น อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นชุดดินชุมพวง (Chum Phuang series: Cpg) (Coarse-loamy, siliceous, isohyperthermic Typic Kandistults) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ ในแปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกัน คือ 5, 11 และ 22 ปี พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกระดับความลึกระหว่างแปลงปลูกยางพาราที่มีอายุต่างกัน ดินที่ปลูกยางพาราอายุ 22 ปี มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินสูงกว่า ดินที่ปลูกยางพาราอายุน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแปลงยางพาราอายุ 5 ปี มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินต่ำที่สุด สำหรับการศึกษาการย่อยสลายของใบยางพารา ใช้เทคนิคการฝังถุงตาข่ายในดินในลักษณะแนวตั้ง 3 ซ้ำต่อแปลง โดยให้ส่วนบนของถุงตาข่ายอยู่ในระดับพื้นผิวดิน เก็บถุงตาข่ายที่ช่วงเวลา 0, 1, 6 และ 12 เดือน ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่ของเศษซากใบยางพาราในช่วง 1, 6 และ 12 เดือน มีความแตกต่างในแต่ละช่วงเดือน โดยแปลงยางพาราอายุ 11 และ 22 ปี มีน้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่ต่ำที่สุดหลังวางเศษซากทิ้งไว้ 1 เดือน (36.2 - 40.25%) ตามด้วยแปลงยางพาราอายุ 5 ปี (51.63%) โดยมีอัตราการย่อยสลายเศษซาก (k) สูงสุดในช่วงหลังวางเศษซากทิ้งไว้ 1 เดือนในแปลงยางพาราอายุ 11 และ 22 ปี เท่ากับ  $0.030 - 0.033 \text{ d}^{-1}$  และ  $0.023 \text{ d}^{-1}$  สำหรับแปลงยางพารา อายุ 5 ปี เศษซากใบยางพารามีการย่อยสลายจนหมดที่ช่วง 12 เดือนหลังการวางถุงเศษซาก ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเศษซากที่หายไปในแปลงยางพาราทุกอายุมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นของดิน

**คำสำคัญ:** ฟิสิกส์ของดิน, อายุยางพารา, การย่อยสลาย, ความหนาแน่นรวมของดิน, สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resource, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University.

<sup>2</sup> กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand

<sup>3</sup> Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR 210, place Villa, Montpellier, France

<sup>4</sup> Institut de Recherche pour le Développement (IRD), NAFRI campus Vientiane, Laos PDR

\* Corresponding author: vidtre@kku.ac.th

**ABSTRACT:** This study was carried out to investigate the change of soil physical properties (bulk density and hydraulic conductivity) in different ages of rubber plantations and decomposition rate of rubber litters under different rubber chronosequences in Chum Phuang soil series: (Cpg) (Coarse-loamy, siliceous, isohyperthermic Typic Kandistults) at Ban Kamhai - pakwaen, Kranuan district, Khon Kaen province. The experiment was arranged in a randomized complete block design in different rubber plantation ages (5, 11 and 22 years) with 3 replications. The results revealed that 11 and 22 years old rubber plantations had significantly higher hydraulic conductivity as compared to 5 years old. No significant different was found for bulk density in all depth among different ages of rubber tree. The rate of rubber litters decomposition was conducted by vertically buried rubber leaf litter enclosed in nylon bags into the soil. Samples were collected to determine the litter weight change at 0, 1, 6 and 12 months period. The result showed that weights of the remaining litter under different rubber chronosequence were different among the decomposition periods. The lower remaining weight was found after 1 month period in 11 and 22 years rubber plantation (36.2 - 40.25%) followed by 5 years (51.63%) with decay constant (k) values of 0.030-0.033 and 0.023, per day, respectively. All the residues were completely decomposed within 12 months after placing. The mean dry weight loss of all rubber ages in each month had good correlation with rainfall, relative humidity and soil moisture contents.

**Keywords:** soil physics, rubber chronosequence, decomposition, bulk density, hydraulic conductivity

## บทนำ

ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และเป็นประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ 10 อันดับแรกของโลก ยางพาราของประเทศไทย ปี 2558 มีเนื้อที่กรี๊ดได้ 18.85 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจาก 18.22 ล้านไร่ ในปี 2557 ร้อยละ 3.41 เนื่องจากนโยบายภาครัฐในการขยายเนื้อที่ปลูกยางพารา (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ภาคใต้และบางจังหวัดของภาคตะวันออกของประเทศไทยซึ่งเป็นเขตปลูกยางพาราเดิม มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูกยางพาราดันยางพาราจะเจริญเติบโตได้ดีเปิดกรี๊ดได้เร็วกว่าการปลูกยางพาราในเขตปลูกยางพาราแหล่งใหม่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ บางจังหวัดของภาคตะวันออกและภาคกลาง (สถาบันวิจัยยาง, 2550) ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปยังแหล่งปลูกยางพาราแหล่งใหม่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือเพิ่มมากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) ซึ่งในปี 2553 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูก

ยางพารา 3.3 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 18.4 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศและในปี 2554 พื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้นเป็น 3.4 ล้านไร่โดยจังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่ปลูกยางพารา 52,364 ไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2556) พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในการปลูกยางพารามากกว่าพื้นที่ปลูกยางพาราดั้งเดิม อาทิ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำฝน การกระจายของฝนฯ (สถาบันวิจัยยาง, 2553) แม้ว่าดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ แต่จากรายงานของประติษฐ์ และคณะ (2550) ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พบว่าพื้นที่ปลูกยางพารามีมวลชีวภาพรวมสูงสุด รองลงมาคือ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และไม้สักตามลำดับ โดยมีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 150.98, 118.32 และ 27.46 ตันต่อเฮกตาร์ และมีมวลชีวภาพใต้พื้นดินคิดเป็นร้อยละ 33, 44 และ 43 ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาผนวกกับรายงานของ

นพมณี และคณะ (2559) ซึ่งรายงานค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในตำรับที่ไม่มีการปลูกพืชคลุมดิน เท่ากับร้อยละ 2.14, 0.15 และ 0.74 ตามลำดับ และสรุปว่าการย่อยสลายของเศษซากใบยางพาราในพื้นที่ที่ว่างหล่นมีบทบาทต่อการหมุนเวียนธาตุอาหาร และสามารถเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Smith and Bradford (2003) ซึ่งรายงานว่าปริมาณธาตุอาหารในดินจากกระบวนการย่อยสลายของเศษซากพืชเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญและมีบทบาทอย่างมากต่อการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน ทั้งนี้ปัจจัยที่ควบคุมการย่อยสลายของเศษซากใบจะแตกต่างกัน อาทิ เช่น สภาพภูมิอากาศ คุณภาพของสารอินทรีย์และกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน Jobi (2006) ศึกษาอัตราการย่อยสลายของใบยางพาราพันธุ์ RRIM - 105 ของต้นยางพาราหลังเปิดกรีดและรายงานว่า ในฤดูฝนมีอัตราการย่อยสลายมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูร้อนและฤดูหนาว และยังพบว่าปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีสหสัมพันธ์กับอัตราการย่อยสลายของใบยางพารา โดยความชื้นของดินในพื้นที่ปลูกยางพาราส่งผลให้เกิดกระบวนการย่อยสลายของใบยางพารามากขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลาและลักษณะของดินในแต่ละพื้นที่ปลูกยางพาราซึ่งมีความแตกต่างกัน ย่อมส่งผลให้อัตราการย่อยสลายของเศษซากใบในดินมีความแตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ ความหนาแน่นรวมของดินมีสหสัมพันธ์กับสมบัติการนำน้ำของดิน การที่สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าสูง เนื่องจากรากของต้นยางพารามีการเจริญเติบโตและมีปริมาณมากขึ้นทำให้ดินมีความพรุนมากขึ้นและน้ำไหลผ่านลงสู่ดินในแนวตั้งหรือดินมีสมบัติการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมากขึ้น ค่าความหนาแน่นรวมของดินและค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำเป็นปฏิภาคผกผันซึ่งกันและกัน (วีระชน, 2557) บุญมาและคณะ (2545) รายงานว่าส่วนใหญ่ดินชั้นบนจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำมากกว่าชั้นดินถัดลง

มา เนื่องจากมีช่องว่างที่มากกว่ามีความหนาแน่นรวมต่ำกว่า ส่งผลให้ดินบนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำมากกว่าดินชั้นล่าง นอกจากนี้การปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM-105 อย่างต่อเนื่อง ไม่ได้ส่งผลให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดินของแปลงยางพาราที่ก่อนกรีดและหลังกรีดที่ปลูกภายใต้ลักษณะของดินที่เป็นดินร่วนทราย (Orimoloye et al., 2012) การที่ภาครัฐมีนโยบายการขยายพื้นที่การปลูกยางพาราไปในพื้นที่ที่มีข้อจำกัด (ในด้านความอุดมสมบูรณ์ดิน การกระจายตัวของฝนน้อย ฯลฯ) จึงเป็นที่น่าสนใจว่ายางพาราซึ่งเป็นพืชที่ระบบการปลูกมีการรบกวนดินน้อยกว่าพืชไร่ทั่วไป และไม่มีการเคลื่อนย้ายเศษ ใบไม้ กิ่งไม้ ลูกยางออกจากพื้นที่ ในขณะเดียวกันเป็นพืชที่ต้องการดูแลใช้น้ำมากเมื่ออายุยางพาราเพิ่มขึ้น การขยายพื้นที่มายังโซนดังกล่าวจะทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน และค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน ฯลฯ โดยสมบัติเหล่านี้ล้วนเป็นดัชนีชี้วัด การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน การเจริญเติบโตของราก ตลอดจนการหมุนเวียนธาตุอาหารในดินจากการสลายตัวของเศษซากใบยางพาราที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายออกนอกพื้นที่ ซึ่ง อารักษ์ และคณะ (2548) รายงานว่าอายุของยางพารามีผลต่อปริมาณเศษซากพืชที่ว่างหล่น โดยต้นยางอายุ 11-12, 15-17 และ 20-21 ปี จะทิ้งเศษซาก 0.33, 0.53 และ 1.29 เมตริกตันต่อไร่ ตามลำดับ จากการตรวจเอกสาร พบว่าข้อมูลการศึกษาด้านคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินในสภาวะที่มีการปลูกยางพาราที่มีอายุแตกต่างกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและการย่อยสลายของใบยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ภายใต้สภาวะที่มีปริมาณการกระจายตัวของฝนต่ำยังมีน้อย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสมบัติฟิสิกส์ของดินในสภาวะที่มีการปลูกยางพาราที่มีอายุแตกต่างกันและอัตราการย่อยสลายของเศษซากใบยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งข้อมูลงานวิจัยจะสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานร่วมในการตัดสินใจการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป

## วิธีการศึกษา

### วิธีดำเนินงานวิจัย

พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงยางพาราของเกษตรกรในพื้นที่บ้านคำไฮผักแว่น อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น เป็นชุดดินชุมพวง (Chum Phuang series: Cpg) (Coarse-loamy, siliceous, isohyperthermic Typic Kandistults) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) สภาพดินในพื้นที่เป็นดินทรายร่วนสีน้ำตาลอ่อนทำการศึกษา

ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2558 ถึงเดือนมิถุนายน 2559 เป็นระยะเวลา 1 ปี พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงของเกษตรกรซึ่งมีการปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ประกอบด้วย 3 ตัวรับการทดลอง คือ T1 ยางพาราอายุ 5 ปี (ยังไม่ได้เปิดกรีด), T2 ยางพาราอายุ 11 ปี (เปิดกรีดแล้วเมื่ออายุ 6 ปี) และ T3 ยางพาราอายุ 22 ปี (เปิดกรีดแล้วเมื่ออายุ 6 ปี) ตัวรับละ 3 ซ้ำ

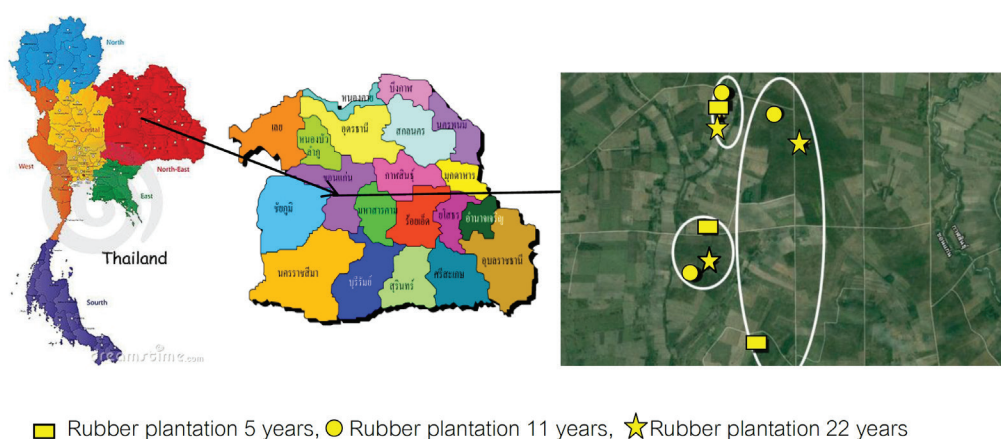


Figure 1 Study area located at Ban Kamhai - pakwaen, Kranuan District, Khon Kaen Province

### การเก็บข้อมูลภาคสนาม

#### 1. ข้อมูลสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

##### 1.1 ความหนาแน่นรวมของดินและสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-10, 10-20, และ 20-30 cm แบบไม่ถูกรบกวน (undisturbed sample) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน สุ่มจากบริเวณแปลงยางพาราแต่ละแปลงที่มีอายุแตกต่างกัน แปลงละ 3 จุด วิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD) โดยวิธี Core method (Back and Hartge, 1986) และมีการศึกษาสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity, Ks) ในภาคสนาม โดยใช้วิธี Beerkan's method (Braud et al., 2005)

#### 1.2 การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและความชื้นในดิน

เก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนดิน (disturbed soil sample) สุ่มจากบริเวณแปลงยางพาราแต่ละแปลงที่มีอายุแตกต่างกัน ที่ระดับความลึก 0-10 cm แปลงละ 3 จุด มาผสมคลุกเคล้ากันเป็น 1 ตัวอย่างต่อแปลง (composite sample) ผึ่งให้แห้งในร่ม เพื่อนำไปวิเคราะห์การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธี Pipett method (Gardner, 1982) และปริมาณความชื้นในดิน (soil moisture content) โดยวิธี Oven dry (Gardner, 1982)

#### 2. การย่อยสลายของเศษซากใบยางพารา

การศึกษาดัชนีการย่อยสลายของใบยางพารานำใบยางพาราที่ร่วงหล่นในพื้นที่แปลง ทดลอง

โดยเก็บใบที่ร่วงหล่นลงพื้น มาล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้แห้งจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงทำการศึกษ้อัตราการย่อยสลายในแปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกัน โดยวิธี Litter bag technique นำใบยางพาราที่อบแล้ว ใส่ในถุงตาข่ายไนลอนขนาด 20x20 เซนติเมตร ที่มีรูตาข่ายขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวนถุงละ 20 กรัม (Bocock, 1964) เย็บปิดปากถุง ผึ่งถุงตาข่ายในดินในลักษณะแนวตั้ง 3 ซ้ำต่อแปลง โดยให้ส่วนบนของถุงตาข่ายอยู่ในระดับพื้นผิวดิน เก็บถุงตาข่ายตั้งแต่ 0, 1, 6 และ 12 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2558 - เดือนมิถุนายน 2559 เป็นระยะเวลา 1 ปี การเก็บถุงตาข่ายให้จบชุด นำถุงตาข่ายที่เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ จากนั้นนำเศษซากใบยางพาราในถุงตาข่ายที่เก็บมาล้างดินที่ติดอยู่ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักหาคำนวนหาร้อยละน้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่และคำนวณค่าคงที่ของการสลายตัว (k) โดยใช้สมการของ Walpole et al. (2011)

$$\text{(ร้อยละ) น้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่} = \left( \frac{\text{น้ำหนักใบไม้แห้งที่เหลืออยู่}}{\text{น้ำหนักใบไม้แห้งเริ่มต้น}} \right) \times 100$$

$$k = -[\ln(Y_t/Y_0)]/t$$

เมื่อ  $Y_t$  คือ น้ำหนักแห้งที่เหลือ (g) ของ  $Y_t$  ที่เวลาในการย่อยสลายเศษซากใบยางพารา (day),  $Y_0$  คือ น้ำหนักแห้งของซากพืชเมื่อเริ่มทดลอง

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### 1.อายุการปลูกยางพาราสอดสมบัติฟิสิกส์ของดินบางประการ

ลักษณะเนื้อดินบนในพื้นที่แปลงศึกษาตามตารางการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีเนื้อดินบนในทุกแปลงที่ศึกษาเป็นดินทรายร่วน ที่ระดับความลึก 0 – 10 cm มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายทรายแป้ง และดินเหนียวเฉลี่ย เท่ากับ  $775.5 \pm 2.76$ ,  $168.8 \pm 3.13$  และ  $54.6 \pm 1.88$  g/kg ตามลำดับ (Table 1) ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวไม่มีความแตกต่างกันระหว่างแปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกัน เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นชุดดินเดียวกัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) การผุพังสลายตัวของวัตถุดินกำเนิดจึงเป็นชนิดเดียวกัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

**Table 1** Particle size distribution and textural class of soil (0-10 cm) from rubber chronosequences (5, 11 and 22 years old)

| Rubber<br>chronosequence | Particle size distribution (0-10 cm) |                    |                   | Textural class |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|
|                          | Sand                                 | Silt               | Clay              |                |
|                          | g/kg                                 |                    |                   |                |
| 5 years                  | $774.4 \pm 1.87^a$                   | $169.3 \pm 1.08^a$ | $56.4 \pm 1.76^a$ | Loamy Sand     |
| 11 years                 | $769.1 \pm 3.62^a$                   | $165.6 \pm 4.57^a$ | $58.0 \pm 2.59^a$ | Loamy Sand     |
| 22 years                 | $783.0 \pm 2.54^a$                   | $171.6 \pm 3.80^a$ | $49.4 \pm 1.52^a$ | Loamy Sand     |
| Average                  | $775.5 \pm 2.76$                     | $168.8 \pm 3.13$   | $54.6 \pm 1.88$   |                |
| C.V. (%)                 | 4.87                                 | 28.52              | 49.41             |                |

The number followed  $\pm$  sign indicates standard deviation.

ผลวิเคราะห์พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกระดับความลึกระหว่างแปลงปลูกยางพาราที่มีอายุต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดิน ที่ระดับความลึก 0-10, 10-20 และ 20-30 cm ของแปลง

ยางพาราอายุ 5 ปี เท่ากับ  $1.44 \pm 0.08$ ,  $1.72 \pm 0.14$  และ  $1.63 \pm 0.07$   $\text{Mg m}^{-3}$  ในแปลงยางพาราอายุ 11 ปี เท่ากับ  $1.50 \pm 0.09$ ,  $1.59 \pm 0.05$  และ  $1.67 \pm 0.05$   $\text{Mg m}^{-3}$  และในแปลงยางพาราอายุ 22 ปี เท่ากับ  $1.43 \pm 0.12$ ,  $1.52 \pm 0.04$  และ  $1.56 \pm 0.01$   $\text{Mg m}^{-3}$  ตามลำดับ (Table 2)

ค่าความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึกล่าง (10-20 cm และ 20-30 cm) สูงกว่าความลึกบน (0-10 cm) ในแปลงยางพาราอายุ 5, 11 และ 22 ปี ซึ่งค่าความหนาแน่นรวมของดินนี้บ่งบอกถึงความสามารถของรากพืชที่ซอนไชลงสู่ดินและทุกแปลงมีค่าอยู่ในระดับที่ยังไม่เป็นค่าวิกฤตสำหรับรากพืช ( $1.8 \text{ Mg m}^{-3}$ ) (วิทยา, 2541) การที่ดินระดับความลึกล่างมีความหนาแน่นรวมของ

ดินสูงกว่าความลึกบนเกิดจากการสะสมอนุภาคขนาดเล็กโดยการชะล้างมาจากดินบน (ประทุม, 2516; Cunningham, 1963) อิทธิพลจากการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก รวมทั้งกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในชั้นดินล่าง ทำให้ดินตอนล่างจะมีการสะสมดินเหนียว (Soil Survey Staff, 1975; Buol et al., 1989)

Table 2 Bulk density of soil in different rubber chronosequences (5, 11 and 22 years old)

| Rubber<br>chronosequence | BD ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) |                   |                   |
|--------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
|                          | Depths (cm)               |                   |                   |
|                          | 0-10                      | 10-20             | 20-30             |
| 5 years                  | $1.44 \pm 0.08^a$         | $1.72 \pm 0.14^a$ | $1.63 \pm 0.07^a$ |
| 11 years                 | $1.50 \pm 0.09^a$         | $1.59 \pm 0.05^a$ | $1.67 \pm 0.05^a$ |
| 22 years                 | $1.43 \pm 0.12^a$         | $1.52 \pm 0.04^a$ | $1.56 \pm 0.01^a$ |
| Average                  | $1.46 \pm 0.08$           | $1.61 \pm 0.09$   | $1.62 \pm 0.06$   |
| C.V. (%)                 | 6.83                      | 8.79              | 3.36              |

Means within the same column with the same lowercase letters represent non - significant by LSD. The Number followed  $\pm$  sign indicates standard deviation

ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน (soil hydraulic conductivity,  $K_s$ ) ในแปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกันพบว่าแปลงยางพาราอายุ 22 ปี มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ  $3.3 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$  มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางค่อนข้างเร็ว (moderately rapid class) (O' Neal, 1952) และแปลงยางพาราอายุ 5 ปี มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินต่ำที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ  $1.07 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$  มีค่าอยู่ในช่วงปานกลาง (moderate class) (O' Neal, 1952) และแปลงยางพาราอายุ 11 ปี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับแปลง

ยางพาราอายุ 22 ปี เฉลี่ยเท่ากับ  $1.93 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$  มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางค่อนข้างเร็ว (moderately rapid class) (O' Neal, 1952) (Figure 2) การที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินในแปลงยางพาราที่มีอายุ 22 ปีมีค่ามากที่สุด เนื่องจากการที่แปลงยางพาราอายุ 22 ปี มีการร่วนหล่นทับถมของชั้นอินทรีย์วัตถุที่ผิวดิน เช่น ซากใบไม้ ฮิวมัส ซึ่งรวมถึงการซอนไชดินของรากพืช ไล่เดือนและแมลงในดินซึ่งช่วยให้ดินมีช่องว่างมากขึ้นจึงทำให้ดินมีการนำน้ำได้ดีขึ้น (María and Briones, 2014)

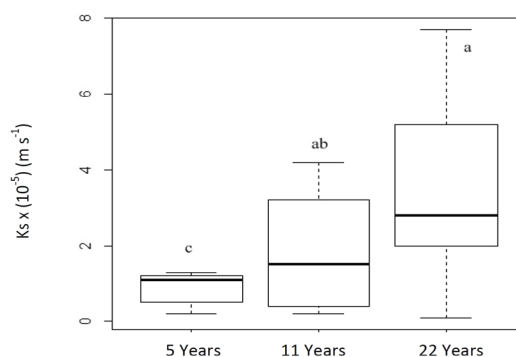


Figure 2 Boxplot displays the full range of variation (from min to max) and a typical value (the median) of soil hydraulic conductivity ( $K_s$ ) in rubber chronosequence (5, 11 and 22 years old)

## 2. อัตราการย่อยสลายและน้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่ของเศษซากใบยางพารา

ผลการศึกษาอัตราการย่อยสลายของใบยางพารา พบว่า น้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่ของเศษซากใบยางพาราในช่วง 1, 6 และ 12 เดือน พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเดือน โดยพบว่า แปลงยางพาราอายุ 5 ปี มีความแตกต่างกันทางสถิติของน้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่ในช่วงหลังวางเศษซากทิ้งไว้ 1 เดือนเมื่อเทียบกับแปลงยางพาราอายุ 11 และ 22 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ  $51.63 \pm 4.13$  ( $k = 0.023 \text{ d}^{-1}$ ) ไม่พบความแตกต่างระหว่างแปลงยางพาราอายุ 11 และ 22 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ  $36.20 \pm 7.85$  ( $k = 0.030 \text{ d}^{-1}$ ) และ  $40.25 \pm 5.39$  ( $k = 0.033 \text{ d}^{-1}$ ) ตามลำดับ (Table 3) น้ำหนักแห้งของเศษซากที่เหลืออยู่ของเศษซากใบยางพาราในช่วง 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยแปลงยางพาราอายุ 5, 11 และ 22 ปี มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเศษซากใบยางพาราที่เหลืออยู่ เท่ากับร้อยละ  $33.53 \pm 6.60$  ( $k = 0.006 \text{ d}^{-1}$ ),  $28.87 \pm 4.53$  ( $k = 0.007 \text{ d}^{-1}$ ) และ  $31.97 \pm 7.90$  ( $k = 0.006 \text{ d}^{-1}$ ) ตามลำดับ (Table 3) และในช่วง 12 เดือนหลังการวางเศษซากใบยางพารา พบว่า เศษซากใบยางพารามีการย่อยสลายจนหมดจากการแบ่งเกณฑ์อัตราการย่อยสลายของ Walpola et al. (2011) ซึ่งได้จัดกลุ่มอัตราการย่อยสลายซากพืชในป่าเขตร้อน เป็น 3 ระดับ คือ เร็ว (rapid;  $k > 0.01 \text{ d}^{-1}$ ) ปานกลาง (intermediate;  $0.01 > k > 0.005 \text{ d}^{-1}$ ) และช้า (slow;  $k < 0.005 \text{ d}^{-1}$ ) พบว่า แปลงยางพาราทั้ง 3 อายุ มีอัตราการย่อยสลายเร็ว ( $k$  เท่ากับ  $0.023 - 0.033 \text{ d}^{-1}$ ) ตั้งแต่ช่วงเดือนแรกหลังวางเศษซาก และอัตราเร็วนี้จะลดลงตามระยะเวลา โดยที่ระยะเวลา 6 เดือนหลังการวางเศษซาก อัตราเร็วจะลดลงโดยทั้ง 3 แปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกันมีอัตราการย่อยสลายเท่ากับ  $0.006 - 0.007 \text{ d}^{-1}$  ซึ่งจัดอยู่ในอัตราปานกลางการที่ช่วง 1 เดือนหลังการวางเศษซากมีอัตราการย่อย

สลายเร็ว เนื่องจากช่วงดังกล่าว เป็นช่วงเดือนกรกฎาคมที่มีปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์มาก (Figure 4) ซึ่งส่งผลต่อการย่อยสลายเศษซากใบยางพารา เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า การย่อยสลายของเศษซากใบยางพาราเริ่มคงที่ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์เริ่มลดลงในช่วง 6 เดือน (Figure 3) ทำให้น้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่ของเศษซากใบยางพาราเริ่มลดต่ำลง ในแปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกันและการย่อยสลายมีแนวโน้มสูงขึ้นและสิ้นสุดลงในช่วง 12 เดือน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง (ในเดือนมิถุนายน) (Figure 3) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวอัตราการย่อยสลายของเศษซากใบยางพาราสอดคล้องกับที่รายงานโดย Walpola et al. (2011) และ Seephueak (2012) ที่ทำการศึกษากการย่อยสลายของเศษซากใบยางพารา พบว่าค่าคงที่การย่อยสลายของใบยางพาราเท่ากับ  $0.0253 \text{ d}^{-1}$  และ  $0.0292 \text{ d}^{-1}$  จัดอยู่ในระดับเร็ว (rapid:  $k > 0.01 \text{ d}^{-1}$ ) ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการย่อยสลายของเศษซากใบไม้มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัยด้านภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่อุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการย่อยสลายจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว และเมื่อปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น อัตราการย่อยสลายจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นด้วย (ภูษนาภ และรุ่งเรือง, 2553 และ Pandey et al., 1982) การที่ช่วงหน้าฝนมีการย่อยสลายของเศษซากสูงเนื่องจากเกิดจากการผุพังและการชะล้างเศษซากใบยางพาราหลุดร่วงละลายไปกับน้ำที่ไหลผ่าน อันมีผลต่อการลดลงของน้ำหนักซากพืชเป็นอย่างมากภายหลังจากที่ซากตกถึงพื้น (Gosz et al., 1973; Moore et al., 1999). Sajubala และ Yadava, (2007) รายงานว่า อัตราการย่อยสลายระยะแรกเป็นสิ่งสำคัญ หากช่วงแรกซากพืชถูกย่อยสลายมาก แนวโน้มการย่อยสลายซากจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

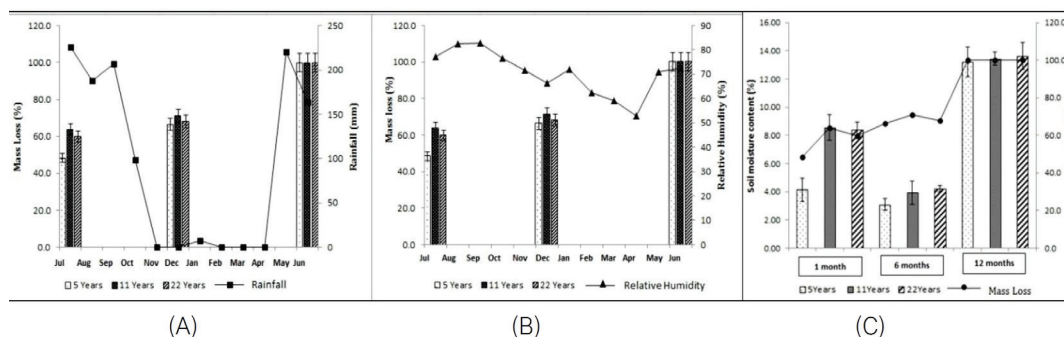
**Table 3** The percentage of mass remaining of rubber litter for each duration in different rubber chronosequences (5, 11 and 22 years old)

| Rubber Chronosequence | (% ) mass remaining of litter |                           |                     | k<br>(d <sup>-1</sup> ), t = 31 d | k<br>(d <sup>-1</sup> ), t = 183 d |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                       | 1 month<br>(July)             | 6 months<br>(December)    | 12 months<br>(June) |                                   |                                    |
| 5 Years               | 51.63 ± 4.13 <sup>a</sup>     | 33.53 ± 6.60 <sup>a</sup> | 0 <sup>a</sup>      | 0.023                             | 0.006                              |
| 11 Years              | 36.20 ± 7.85 <sup>b</sup>     | 28.87 ± 4.53 <sup>a</sup> | 0 <sup>a</sup>      | 0.030                             | 0.007                              |
| 22 Years              | 40.25 ± 5.39 <sup>b</sup>     | 31.97 ± 7.90 <sup>a</sup> | 0 <sup>a</sup>      | 0.033                             | 0.006                              |
| C.V. (%)              | 20.80                         | 27.32                     | -                   |                                   |                                    |

Means within the same column with the same lowercase letters represent non-significant difference by LSD. The number followed ± indicates standard deviation

ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของน้ำหนักแห้งที่สูญหายไปของเศษซากใบยางพารากับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายเดือน และความชื้นสัมพัทธ์ ได้แสดง (Figure 3) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ร้อยละของน้ำหนักแห้งที่สูญหายไปของเศษซากใบ

ยางพารากับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่กล่าวมา ทั้ง 3 ปัจจัย มีความสัมพันธ์ไปในทางเชิงบวก เมื่อปริมาณน้ำฝนรายเดือนและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น น้ำหนักแห้งของเศษซากพืชที่สูญหายจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย



**Figure 3** Relationship between Mass loss (%) and rainfall distribution (A), relative humidity (B) and relationship between soil moisture content and % mass loss (C)

ความชื้นในดินในเดือนกรกฎาคม (ฤดูฝน) ในแปลงยางพาราอายุ 11 และ 22 ปี มีปริมาณความชื้นของดินมากที่สุด รองลงมาคือแปลงยางพาราอายุ 5 ปี ในเดือนธันวาคม (ฤดูแล้ง) พบว่าความชื้นในดินในแปลงยางพาราแต่ละอายุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในเดือนมิถุนายน พบว่าความชื้นเพิ่มสูงขึ้นจากเดือนธันวาคม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของแปลงยางพาราอายุ 5, 11 และ 22 ปี ในการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปริมาณความชื้นในดินมีบทบาทต่อ

การย่อยสลายของใบยางพารา (Figure 3) สอดคล้องกับ Lin et al. (2011) ที่มีการศึกษาความชื้นในดินแปลงยางพาราที่มีอายุแตกต่างกันพบว่า ฤดูกาลมีผลทำให้ความชื้นในดินแตกต่างกัน ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละน้ำหนักแห้งที่สูญหายไปของเศษซากใบยางพารากับความชื้นในดิน ได้แสดงใน Figure 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีความสัมพันธ์ไปในทางเชิงบวก เมื่อร้อยละความชื้นในดินมีค่าสูง น้ำหนักแห้งที่สูญหายไปของเศษซากใบยางพารามีค่าสูงตามไปด้วย

## สรุป

การปลูกยางพาราอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แม้ว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัดต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านความหนาแน่นรวมของดิน แต่พบว่าดินสามารถเก็บกักความชื้นได้ดีขึ้น และมีสัมประสิทธิ์การนำน้ำสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้สามารถลดการชะล้างพังทลายของดินลงได้ นอกจากนี้การย่อยสลายเศษซากใบยางพาราในพื้นที่ที่มีการปลูกยางพาราอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน มีอัตราการย่อยสลายเศษซากใบยางพารา (K) สูงสุดในช่วงหลังวางเศษซากทิ้งไว้ 1 เดือน โดยน้ำหนักแห้งของเศษซากหลังวางทิ้งไว้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศซึ่งได้แก่ปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีอัตราการย่อยสลายเป็นไปอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งการย่อยสลายของเศษซากดังกล่าวก่อให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารในดินเพื่อฟื้นฟูด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ที่มีการปลูกยางพารา

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กลุ่มวิจัย “การพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” มหาวิทยาลัยขอนแก่น กรมพัฒนาที่ดินและ Institut de Recherche pour le Développement (IRD) ประเทศฝรั่งเศส สำหรับทุนสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และใคร่ขอขอบคุณ เจ้าของสวนยางพาราในอำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงยางพาราที่ใช้ทดลอง พร้อมทั้งดูแลให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกต่างๆ แก่คณะผู้วิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณ คุณนพมณี สุวรรณัง ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและคอยชี้แนะในการทำวิจัยมาโดยตลอด

## เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. ดินเพื่อประชาชน. เอกสารวิชาการ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 166
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. เขตการใช้ที่ดินพืชเศรษฐกิจ “ยางพารา”. เอกสารวิชาการ. กองนโยบายและการใช้ที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นพมณี สุวรรณัง, Cathy Clemont- Dauphin, กมรินทร์ นิมนวลรัตน์ และจิราพร สวอยสม. 2559. พืชคลุมดิน: ตะกูลถั่วและแฝก ข้อดี ข้อเสียสำหรับการฟื้นฟูทรัพยากรดินพื้นที่ปลูกยางพาราในพื้นที่ที่มีข้อจำกัด. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 95 หน้า.
- บุญมา ดีแสง, ชลดา เต็มคุณธรรม, สมชาย อ่อนอาษา และรัตนดา อ่อนสนธิ. 2545. การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำและสมบัติทางกายภาพบางประการของดินภายหลังการทำลายป่าเพื่อใช้ประโยชน์ ที่ดินประเภทต่างๆ ในพื้นที่ต้นน้ำ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์. น.1-20. ใน: รายงานการวิจัยพื้นที่ต้นน้ำ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมการป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ประชุม สันติการ. 2516. การเสื่อมคุณสมบัติของดินป่าดิบเขาภายหลังถูกแผ้วถางในช่วงเวลาต่างกันบริเวณดอยปุย เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาศุวรรณ, สาทิศ ดิลกสัมพันธ์, ตรียะ สถาพร และเจด็จ รัตนแก้ว. 2550. การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้บางชนิดที่ปลูก ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร. รายงานศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. ลักษณะที่ตั้งของศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/cMX7pi>. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2560.
- ภูษนาภรณ์ แสงอ่อน และ รุ่งเรือง พูลศิริ. 2553. การสลายตัวของซากใบในสวนป่าไม้ต่างถิ่น ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วนศาสตร์. 29: 26-35.
- วิทยา ตรีโลกศ. 2541. ฟิสิกส์ของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- วีระชน ศักดิ์พงษ์. 2557. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเคมี ความชื้นในดิน การเจริญเติบโตและการใช้น้ำของยางพาราในจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สถาบันวิจัยยาง. 2550. พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยาง. กรมวิชาการเกษตร. น.29 – 31. ใน: ข้อมูลวิชาการยางพารา. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

- สถาบันวิจัยยาง. 2553. ข้อมูลวิชาการยางพารา. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/wrvYdm>. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2560.
- สถาบันวิจัยยาง. 2556. พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การเกษตร. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/fSH9FC>. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2560.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/NxaMy4>. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2560.
- อารักษ์ จันทุม, อีรชาติ วิชิตชลชัย, พิศมัย จันทุม, สุจินต์ แม่นเหมือน, วันเพ็ญ พฤษวิวัฒน์, พันัส แพชนะ, สว่างรัตน์ สมานาค, พิบูลย์ เพ็ชรียง และสิริวัตร เต็มสงสัย. 2548. การเก็บรักษาภาวศารบอบในสวนยาง. น.14. ใน: รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาแบบกริดสี่ระยะที่เหมาะสมกับการเพิ่มผลผลิตสวนยาง. ศูนย์วิจัยยางอะเชิงเทรา สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6.
- Back, G. R., and K. H. Hartge. 1986. Bulk density. pp. 363-375. In: A. Klute, Ed. Methods of soil analysis. Part 1, Agronomy No.9, 2 nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Bocock, K. L. 1964. Change in the amounts of dry matter, nitrogen, carbon and energy in decomposing woodland leaf litter in relation to the activities of the soil fauna. J. Ecol. 52: 273 - 284.
- Braud, I., D. Condappa, D. Soria, J. M. Haverkamp, R. Augulo Jaramillo, R. Galle, S., and M. Vauclin. 2005. Use of scaled forms of the infiltration equation for the estimation of unsaturated soil hydraulic properties (the beerkan method). Eur. Journal Soil Sci. 56: 361 - 374.
- Buol, S. W., F. D. Hole, and R. J. Mc Cracken. 1989. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press, Amer., Iowa. 403 p.
- Cunningham, R. K. 1963. The Effect of Clearing Tropical Forest Soil. Soil Sci. J. 14: 334- 345.
- Gardner, W. H. 1982. Water content. Chapter 21 in Klute, A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd Ed. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.
- Gosz, J. R., G. E. Likens, and F. H. Bormann. 1973. Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard. Brook Forest, New Hampshire Ecological Monograph. 43: 173-191.
- Jobi, M. C. 2006. Studies on the biology of *luprops curticolis* (Coleoptera: Tenebrionidae) and rubber litter insect dynamics in relation to rubber litter fall patterns. Thesis. Department of Zoology, St. Joseph's College Devagiri, University of Calicut.
- Lin, X. H., Q. B. Chen, Y. G. Hua, L. F. Yang, and Z. H. Wang. 2011. Soil moisture content and fine root biomass of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) plantations at different ages. 2(2): 331 - 336.
- Maria, J. and I. Briones. 2014. Soil fauna and soil functions: a jigsaw puzzle. Frontiers in Environ. Sci., Review Article vol 2, Article 7. 22 p.
- Moore T. R., J. A. Trofymow, B. Taylor, C. Prescott, C. Camiré, L. Duschene, J. Fyles, L. Kozak, M. Kranabetter, I. Morrison, M. Siltanen, S. Smith, B. Titus, S. Visser, R. Wein, and S. Zoltai. 1999. Litter decomposition rates in Canadian forests. Global Change Biology. 5: 75-82.
- O'Neal, A. M. 1952. A key for evaluating soil permeability by means of certain field clues. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.16: 312 - 315.
- Orimoloye, J. R., G. E. Akinbola., S. O. Idoko., Y. Waizah, and U. Esemuede. 2012. Effect of rubber cultivation and associated land use types on the properties of surface soils. Nature and science. 10: 48-52.
- Pandey, U., and J. S. Singh. 1982. Leaf - Litter decomposition in an Oak-conifer Forest in Himalaya: The Effect of climate and chemical composition. International Journal of Forest Research. 55: 47-59.
- Sajubala, A. and P. S. Yadava. 2007. Wood and leaf litter decomposition of *Dipterocarpus taberculatus* Roxb. in a tropical deciduous forest of Manipur Northeast India. Curr. Sci. 93: 243-246.
- Seephueak, P. 2012. Fungi Associated with Degradation of Rubber Wood Log and Leaf Litter. Ph.D Dissertation. Prince of Songkla University, Songkhla.
- Smith, V. C., and M. A. Bradford. 2003. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. Applied Soil Ecology. 24: 197-203.
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy - A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. U.S. Dept. Agric., U.S. Govt. Printing Officer, Washington D.C.
- Walpola, H., M. Leichtfried, and L. Füreder. 2011. Leaf litter decomposition of three riparian tree species and associated macroinvertebrates of Eswathuoya a low order tropical stream in Sri Lanka. International. Rev. Hydrobiol. 96: 90-104.