

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ: กรณีศึกษาเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ

Land use/land Cover Changes in a Wetland Watershed: a Case Study of Bueng Khong Long Non-Hunting Area, Bueng Kan Province

จิระเดช มาจันแดง^{1*}

Jiradech Majandang^{1*}

Received: 29 March 2016; Accepted: 6 June 2016

บทคัดย่อ

เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลงเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินภายในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นการติดตามแหล่งกำเนิดมลพิษที่อาจชะล้างลงไปในพื้นที่ชุ่มน้ำในฤดูฝน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลงระหว่างปี พ.ศ. 2545 ถึง 2556 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินใช้วิธีการแปลตีความด้วยสายตาจากภาพถ่ายออร์โธโธปี พ.ศ. 2545 และภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงปี พ.ศ. 2556 ผลการประเมินความถูกต้องด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของปี พ.ศ. 2545 และ 2556 เท่ากับ 0.923 และ 0.911 ตามลำดับ ผลการจำแนกในปี พ.ศ. 2545 พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีเนื้อที่มากที่สุดประมาณ 60.95 ตารางกิโลเมตร (26.15 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ยางพาราเป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักในปี พ.ศ. 2556 มีเนื้อที่ประมาณ 84.29 ตารางกิโลเมตร (36.16 เปอร์เซ็นต์) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2545 ถึง 2556 ที่สำคัญคือ พื้นที่พืชไร่มีเนื้อที่ลดลงจาก 46.34 ตารางกิโลเมตร เหลือเพียง 4.24 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่ยางพารามีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 17.35 ตารางกิโลเมตร เป็น 84.29 ตารางกิโลเมตร

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง

Abstract

Bueng Khon Long Non-Hunting Area is one of the most important wetlands in the Northeast of Thailand. The analytical process of land use/land cover (LU/LC) changes within a wetland watershed is used to observe the sources of pollution that are possibly leaching into wetlands during the rainy season. The aim of the study was to analyze LU/LC changes in a wetland watershed of Bueng Khong Long non-hunting area from 2002 to 2013. Various LU/LC classes were mapped by using visual interpretation based on color orthophoto in 2002 and high-resolution satellite imagery in 2013. The accuracy assessment using the kappa coefficient for 2002 and 2013 were 0.923 and 0.911, respectively. The classification in 2002 indicated that forest land was the largest area about 60.95 km² (26.15%) while para rubber was the major LU/LC class of the area in 2013, about 84.29 km² (36.16%). LU/LC change detection between 2002 and 2013 significantly revealed that field crop areas have decreased from 46.34 km² to 4.24 km² while para rubber areas have increased from 17.35 km² to 84.29 km².

Keywords: land use/land cover changes, wetland watershed, Bung Khong Long Non-Hunting Area

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาภูมิศาสตร์ ดินและมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150

¹ Assist. Prof., Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Mahasarakham University, 44150, Thailand.

* Corresponding author; Jiradech Majandang, Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Mahasarakham University, 44150, Thailand. Jiradech_m@hotmail.com

บทนำ

พื้นที่ชุ่มน้ำนับเป็นระบบนิเวศสำคัญของโลก¹ มีการให้บริการของระบบนิเวศ (Ecosystem services) ในหลากหลายรูปแบบ^{1,2,3,4} ทั้งช่วยป้องกันน้ำท่วม⁵ ปรับปรุงให้คุณภาพน้ำดีขึ้น⁶ แหล่งกักเก็บคาร์บอน⁷ แหล่งเพิ่มเติมน้ำบาดาลที่มีความสำคัญ² และแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หลายชนิด^{8,9} พื้นที่ชุ่มน้ำจึงมีความสำคัญทั้งทางด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ด้านป้องกันภัยธรรมชาติ ด้านเศรษฐกิจ และด้านการศึกษาวิจัย¹⁰

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่ชุ่มน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก และมีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตความเป็นอยู่ที่พึ่งพาอาศัยและผูกพันกับพื้นที่ชุ่มน้ำ ไม่ว่าจะเป็นสังคมชนบทหรือสังคมเมือง ซึ่งผลประโยชน์ที่ได้รับจากพื้นที่ชุ่มน้ำแต่ละแห่งอาจแตกต่างกันไป แต่ผลประโยชน์ที่ได้รับจะได้รับมาอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่องยาวนานโดยไม่ต้องซื้อหา¹¹ จากการสำรวจจัดทำบัญชีรายชื่อ สถานภาพ และฐานข้อมูลพื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม¹² พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ชุ่มน้ำประมาณ 21 ล้านไร่ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยป่าชายเลน ป่าพรุหนอง บึง สบู่ ทุ่งนา และแม่น้ำ

ปัญหาการคุกคามพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากการขาดความเข้าใจต่อความสำคัญทางเศรษฐกิจที่แท้จริงของพื้นที่ชุ่มน้ำ จากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ทั้งการใช้ทรัพยากรในพื้นที่ชุ่มน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ชุ่มน้ำ การระบายน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรม มลภาวะจากน้ำเสียในครัวเรือน และอุตสาหกรรม¹⁰

อนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ หรืออนุสัญญาแรมซาร์ (Ramsar) เป็นความตกลงระหว่างประเทศที่กำหนดกรอบการทำงานสำหรับความร่วมมือระหว่างประเทศ เพื่อการอนุรักษ์แหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่ออนุรักษ์และยับยั้งการสูญหายของระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำในโลก โดยการสนับสนุนให้มีการใช้ประโยชน์อย่างชาญฉลาด¹⁰ มติคณะรัฐมนตรี วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2540 เห็นชอบให้ประเทศไทยเข้าร่วมเป็นภาคีใหม่ และวันที่ 13 พฤษภาคม 2541 สำนักเลขาธิการอนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ ได้ประกาศให้ประเทศไทยเป็นภาคีว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำลำดับที่ 110¹³

พื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 22.14 ตารางกิโลเมตร หรือ 13,837.5 ไร่ จัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำประเภททะเลสาบ (Lacustrine) ถูกประกาศให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ

ที่มีความสำคัญระหว่างประเทศลำดับที่ 1098 (Ramsar Site No. 1098) เมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม 2544¹³ บึงโขงหลงเป็นแหล่งน้ำที่มีศักยภาพทางการประมงและเอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่ประชาชนที่พึ่งพิงทรัพยากรประมง^{14,15} ปลาที่ถูกจับได้มีไม่ต่ำกว่า 62 ชนิด (Species) จาก 41 สกุล (Genera) และจาก 21 วงศ์ (Family) ปลาที่จัดอยู่ในวงศ์ปลาตะเพียน ชิว สร้อย (Cyprinidae) เป็นกลุ่มปลาที่ถูกจับมากที่สุด คือ 25 ชนิด¹⁶ มีปริมาณสัตว์น้ำที่ถูกจับโดยชาวประมงเฉลี่ย 4.7 กิโลกรัมต่อรายต่อวัน¹⁴ นอกจากนี้ยังพบนกกว่า 67 ชนิด แยกตามหลักอนุกรมวิธานได้ 13 อันดับ (Order) 28 วงศ์ 52 สกุล เป็นนกประจำถิ่นอย่างน้อย 44 ชนิด นกอพยพที่ไม่ผสมพันธุ์ในประเทศไทยอย่างน้อย 33 ชนิด และนกอพยพผ่านประเทศไทยอย่างน้อย 4 ชนิด (นกบางชนิดอาจมีสถานภาพการปรากฏเป็นได้หลายแบบ)¹³ รวมถึงเป็นแหล่งน้ำสำคัญที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร การท่องเที่ยว เป็นแหล่งน้ำดิบที่ใช้ทำน้ำประปาของเทศบาลตำบลบึงโขงหลง¹⁴

การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบบึงโขงหลงเมื่อ ปี พ.ศ. 2538 พบการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักคือ พืชไร่ นาข้าว พื้นที่ป่าคิดเป็นเนื้อที่ร้อยละ 39.50 31.37 15.01 ตามลำดับ¹³ หลังจากนั้นมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินรอบบึงโขงหลงในรัศมี 5 กิโลเมตร ระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2554 ของจิระเดช มาจันแดง¹⁷ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภทค่อนข้างมาก ในปี พ.ศ. 2543 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่พืชไร่ (30.91 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด) ส่วนในปี พ.ศ. 2554 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ไม่ยืนต้นและไม่ผล (56.39 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด) พื้นที่พืชไร่ในปี พ.ศ. 2543 โดยมากถูกเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่ไม่ยืนต้นและไม่ผลในปี พ.ศ. 2554 พื้นที่ไม่ยืนต้นและไม่ผลที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกยางพารา อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้จำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราออกจากพื้นที่ไม่ยืนต้นและไม่ผล เนื่องจากข้อจำกัดด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียม อีกทั้งพื้นที่ศึกษายังไม่ครอบคลุมถึงพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลงทั้งหมด ซึ่งทำหน้าที่รองรับน้ำและตะกอนดินที่ถูกชะล้างจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ลงไปในพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง และอาจส่งผลให้คุณภาพน้ำภายในบึงเปลี่ยนแปลงไป

กิจกรรมของมนุษย์จากการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะต่างๆ เป็นแหล่งที่มาสำคัญของมลพิษที่สามารถปนเปื้อนลงสู่พื้นที่ชุ่มน้ำ แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล เช่น กิจกรรมการเกษตรจากการใช้สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ และปุ๋ยในปริมาณมาก^{18,19,20} น้ำเสียจากครัวเรือนและอุตสาหกรรม

เป็นต้น รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจะผันแปรไปตามความต้องการของมนุษย์ เทคโนโลยี และสภาพเศรษฐกิจ²¹ การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินนับเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งในมาตราส่วนเชิงพื้นที่และเวลา²² และมีส่วนสำคัญในการติดตามกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม²³ รวมถึงเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม²⁴

ดังนั้นการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำจึงมีความสำคัญ ในการระบุตำแหน่งและการกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภทที่อาจเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ และสามารถปนเปื้อนลงสู่พื้นที่ชุ่มน้ำได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการและวางแผนการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำต่อไป การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลงในช่วงระหว่าง ปี พ.ศ. 2545 ถึง 2556

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ 1. จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และ 2. ประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Figure 1)

จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

1. การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ทั้งในส่วนของข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ และข้อมูลภาพ ประกอบด้วย แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000 หมายเลขระวาง 5744I 5745II 5844IV และ 5843III ชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง แหล่งน้ำผิวดิน แม่น้ำ ถนน เส้นชั้นความสูง ข้อมูลภาพประกอบด้วย ภาพถ่ายออร์โธรีโศปี พ.ศ. 2545 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่มีมาตราส่วน 1:4,000 และภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง จากเว็บไซต์ <http://www.bing.com/maps/> ในช่วงปี พ.ศ. 2556 ถึง 2558

2. การลากขอบเขตพื้นที่รับน้ำ

ลากขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง พิจารณาจากข้อมูลเส้นชั้นความสูง แม่น้ำ และถนนที่ได้จากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ร่วมกับภาพถ่ายออร์โธรีโศปี

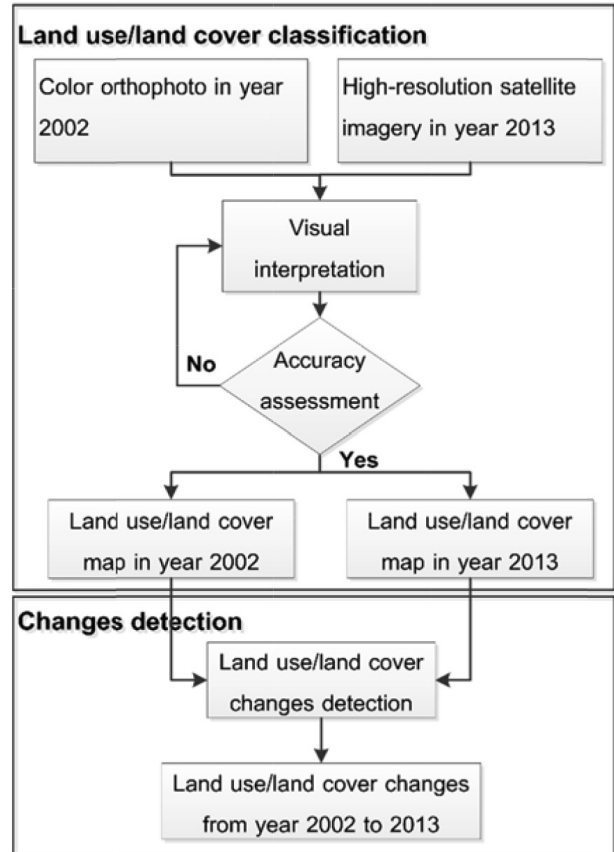


Figure 1 Flow diagram of Land use/land cover

3. การจำแนกข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตาผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ พิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ ที่ปรากฏภายในภาพ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง เงา วรรณะสี สี ลายผิว แบบรูป ที่ตั้ง ตำแหน่งที่ตั้งและการเชื่อมโยง เป็นต้น

4. การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก เปรียบเทียบผลการจำแนกกับข้อมูลอ้างอิงด้วยตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error matrices) ดังแสดงใน (Table 1) และประเมินความถูกต้องจากค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ค่าความถูกต้องโดยรวม ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) หาได้จากสมการ

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{N}$$

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}}$$

$$\text{User's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{+i}}$$

เมื่อ k คือ จำนวนของแถว หมายถึง ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในเมทริกซ์

n_{ii} คือ จำนวนของจุดอ้างอิงในแถว i และคอลัมน์ i

n_{i+} คือ ผลรวมจุดอ้างอิงของแถว i

n_{+i} คือ ผลรวมจุดอ้างอิงของคอลัมน์ i

N คือ จำนวนจุดอ้างอิงทั้งหมด

สัมประสิทธิ์ Kappa (\hat{K}) หาได้จากสมการ

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})}$$

Table 1 Error matrices for accuracy assessment

Ground reference Test Information						
Remote Sensing Classification	Class	1	2	3	k	Row total
	1	$n_{1,1}$	$n_{1,2}$	$n_{1,3}$	$n_{1,k}$	$n_{1,+}$
2	$n_{2,1}$	$n_{2,2}$	$n_{2,3}$	$n_{2,k}$	$n_{2,+}$	
3	$n_{3,1}$	$n_{3,2}$	$n_{3,3}$	$n_{3,k}$	$n_{3,+}$	
k	$n_{k,1}$	$n_{k,2}$	$n_{k,3}$	$n_{k,k}$	$n_{k,+}$	
Column total	$n_{+,1}$	$n_{+,2}$	$n_{+,3}$	$n_{+,k}$	N	

ประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลาจากตารางเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลง (Change detection matrix)

ผลการศึกษา

ขอบเขตพื้นที่รับน้ำ

พื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลงส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของบึงโขงหลง (Figure 2) ในเขตอำเภอบึงกาฬ บึงคล้า บึงโขงหลง และเซกามีอาณาเขตครอบคลุมพิกัดเชิงพื้นที่ระหว่าง 380665E ถึง 400026E และ 1985847N ถึง 2012028N ในระบบพิกัด WGS 84 zone 48 มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 233.10 ตารางกิโลเมตร หรือ 145,687.50 ไร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การศึกษาครั้งนี้แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็น 8 ประเภทตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักๆ ของพื้นที่ประกอบด้วย พื้นที่นา

(Paddy field) พื้นที่พืชไร่ (Field crop) พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล (Perennial and orchard) พื้นที่ยางพารา (Para rubber) พื้นที่ป่าไม้ (Forest land) พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง (Urban and built-up land) พื้นที่แหล่งน้ำ (Water body) และพื้นที่อื่นๆ (Miscellaneous land) โดยมีตัวอย่างการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายออร์โธรีตีติ้งแสดงใน (Figure 3)

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปี พ.ศ. 2545 พบว่าพื้นที่ป่าไม้เป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีพื้นที่มากที่สุด มีเนื้อที่ประมาณ 60.95 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26.15 ของพื้นที่ทั้งหมด (Table 2) พื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ (Figure 4) ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ภายในบึงโขงหลง คือ พื้นที่ป่าดอนห่มทอง และดอนสวรรค์ ถัดมาเป็นพื้นที่พืชไร่มีเนื้อที่ประมาณ 46.34 ตารางกิโลเมตร (19.88 เปอร์เซ็นต์) พื้นที่นาพื้นที่อื่นๆ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ยางพารา พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล และพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง มีเนื้อที่ 32.01, 29.78, 28.28, 17.35, 10.94 และ 7.45 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปี พ.ศ. 2556 พบว่าพื้นที่ยางพาราเป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีพื้นที่มากที่สุด มีเนื้อที่ประมาณ 84.29 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 36.16 ของพื้นที่ทั้งหมด เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2545 ถึง 66.94 ตารางกิโลเมตร กระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ ถัดมาเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่นา พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล และพื้นที่พืชไร่ มีเนื้อที่ 57.61, 28.70, 27.16, 16.95, 7.67, 6.49 และ 4.24 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

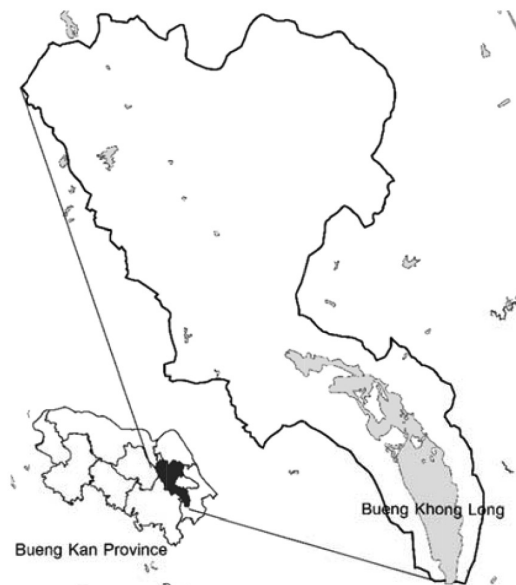


Figure 2 Wetland watershed area of Bueng Khong Long

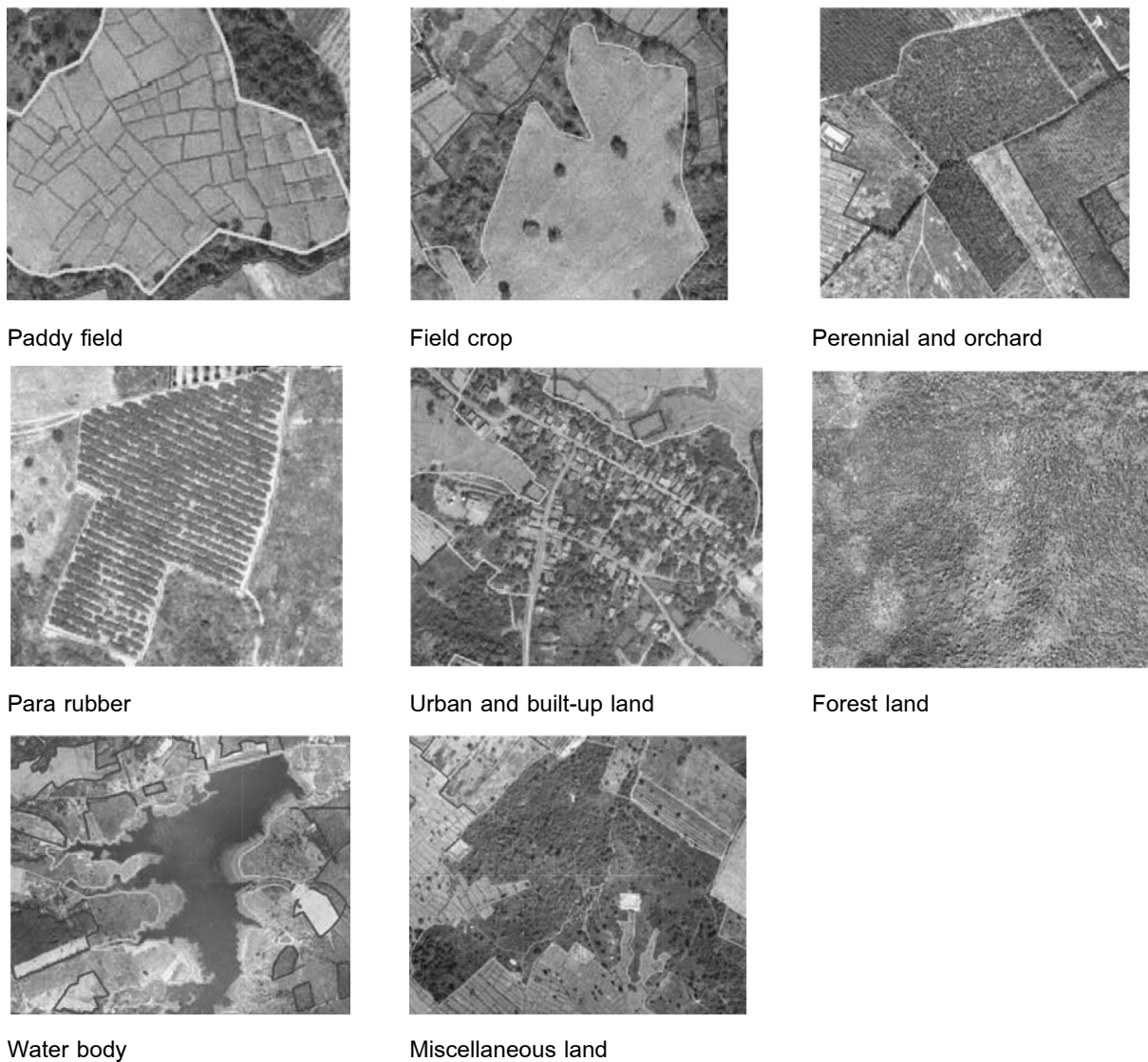


Figure 3 Example of land use/land cover classification from color orthophoto imagery

Table 2 Land use/land cover area

Land use/land cover class	2002		2013		Change
	Km ²	%	Km ²	%	
Paddy field	32.01	13.73	27.16	11.65	-4.85
Field crop	46.34	19.88	4.24	1.82	-42.10
Perennial and orchard	10.94	4.69	6.49	2.78	-4.45
Para rubber	17.35	7.44	84.29	36.16	+66.94
Forest land	60.95	26.15	57.61	24.71	-3.34
Urban and built-up land	7.45	3.20	7.67	3.29	+0.22
Water body	28.28	12.13	28.70	12.31	+0.42
Miscellaneous land	29.78	12.78	16.94	7.27	-12.84

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีพื้นที่ลดลงประกอบด้วย พื้นที่พืชไร่ พื้นที่อื่นๆ พื้นที่นา พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล และพื้นที่ป่าไม้ เนื้อที่ลดลง 42.10, 12.84, 4.85, 4.45 และ 33.34 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ ยางพารา พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง เนื้อที่ เพิ่มขึ้น 66.94, 0.42 และ 0.22 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

ความถูกต้องของการจำแนก

การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้ง 2 ช่วงเวลาใช้จุดตัวอย่าง ในการตรวจสอบเท่ากันคือ 400 จุด ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกพบว่ามีค่าความถูกต้องค่อนข้างสูง ในปี พ.ศ. 2545 ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 93.25% และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.923 ส่วนการประเมินความถูกต้องในปี พ.ศ. 2556 ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 92.25% และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.911

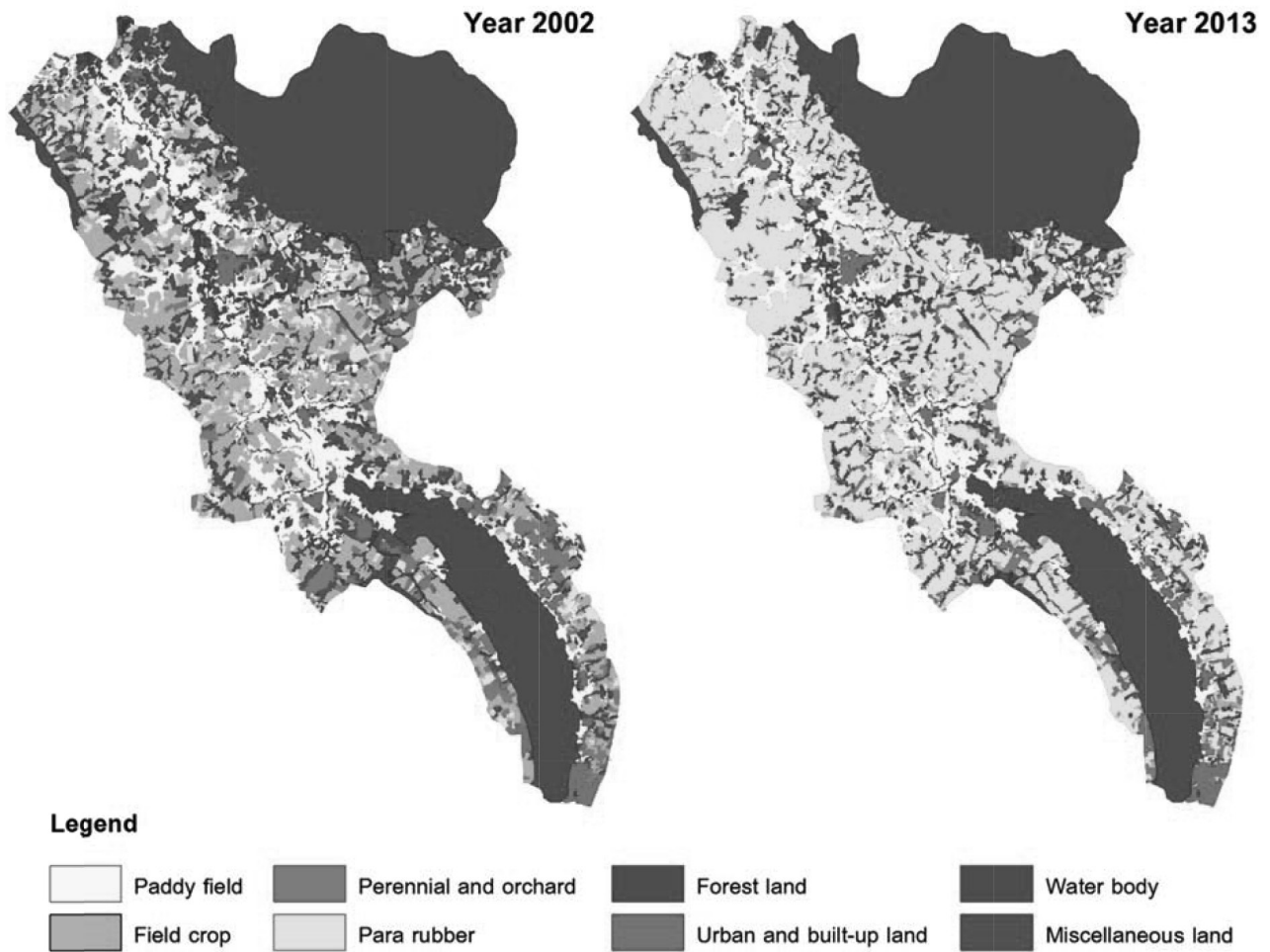


Figure 4 Land use/land cover map in year 2002 and 2013

พื้นที่นา พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ เป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ที่มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต และความถูกต้องของผู้ใช้ของทั้ง 2 ช่วงเวลาสูง (Table 3) เนื่องจากมีลักษณะเด่นที่ปรากฏภายในภาพเฉพาะตัว ทำให้สามารถจำแนกได้ง่าย

พื้นที่ยางพารา ในปี พ.ศ. 2556 มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตต่ำที่สุด คือ 79.69% จากความผิดพลาดของการจำแนก โดยจำแนกพื้นที่ยางพาราเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่น เนื่องจากพื้นที่บางส่วนอาจเป็นพื้นที่โล่งที่อยู่ในช่วงของการเตรียมแปลงทำให้เกิดความผิดพลาดได้ และพื้นที่อื่นๆ เป็นพื้นที่ที่มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต และความถูกต้องของผู้ใช้ต่ำในทั้ง 2 ช่วงเวลา

Table 3 Accuracy assessment results (%)

Land use/land cover class	2002		2013	
	Producer's accuracy	User's accuracy	Producer's accuracy	User's accuracy
Paddy field	87.27	96.00	89.66	96.30
Field crop	93.33	89.36	100.00	91.67
Perennial and orchard	88.24	95.74	97.83	86.54
Para rubber	100.00	93.88	79.69	100.00
Forest land	97.96	92.31	100.00	100.00
Urban and built-up land	100.00	100.00	97.92	94.00
Water body	100.00	94.00	95.83	93.88
Miscellaneous land	82.46	85.45	84.91	77.59

ความผิดพลาดของการจำแนกส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาพื้นที่ขนาดเล็กที่กระจายปะปนกันระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทต่างๆ ทำให้บางส่วนไม่ได้จำแนกออก โดยอาจรวมเข้ากับการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักในบริเวณนั้น ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบางประเภทได้ แต่ความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกยังมีค่าสูง

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

จากตารางเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงของทั้ง 2 ช่วงเวลา แถวแสดงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2545 และคอลัมน์แสดงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2556 (Table 4) พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง เป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 28.28 และ 7.45 ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2545 เป็น 28.70 และ 7.67 ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2556 เพิ่มขึ้นเพียง

0.42 และ 0.22 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.95 และ 1.49 ของพื้นที่ในปี 2545 ตามลำดับ

พื้นที่อื่นๆ พื้นที่นา พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล และพื้นที่ป่าไม่มีพื้นที่ลดลงจาก 29.78, 32.01, 10.94 และ 60.95 ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2545 เหลือเพียง 16.94, 27.16, 6.49 และ 57.61 ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2556 ลดลง 12.84, 4.85, 4.45 และ 3.34 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 43.12, 15.15, 40.68 และ 5.48 ของพื้นที่ในปี 2545 ตามลำดับ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ยางพารา ในปี พ.ศ. 2556

พื้นที่พีชไร้เป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีเนื้อที่ลดลงมากที่สุดจาก 46.34 ตารางกิโลเมตรในปี 2545 เหลือเพียง 4.24 ตารางกิโลเมตร ในปี 2556 ลดลง 42.10 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 90.85 ของพื้นที่ในปี 2545 มีพื้นที่เดิมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพียง 2.97 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ยางพาราในปี 2556 ถึง 38.91 ตารางกิโลเมตร

Table 4 Land use/land cover transformations in the study area (2002–2013)

Change (Area: km ²)	Land use/land cover class in 2013									
	Paddy field	Field crop	Perennial and orchard	Para rubber	Forest land	Urban and built-up land	Water body	Miscellaneous land	Class total	
Paddy field	25.25	0.25	0.80	4.40	0.00	0.12	0.24	0.95	32.01	
Field crop	0.55	2.97	1.39	38.91	0.00	0.31	0.10	2.11	46.34	
Perennial and orchard	0.04	0.19	2.89	7.05	0.00	0.12	0.02	0.62	10.94	
Para rubber	0.00	0.09	0.06	17.09	0.00	0.01	0.00	0.09	17.35	
Forest land	0.01	0.00	0.21	2.61	57.58	0.02	0.03	0.49	60.95	
Urban and built-up land	0.02	0.08	0.04	0.48	0.00	6.77	0.01	0.05	7.45	
Water body	0.08	0.00	0.09	0.07	0.00	0.01	28.00	0.03	28.28	
Miscellaneous land	1.20	0.65	1.01	13.68	0.03	0.33	0.28	12.60	29.78	
Class total	27.16	4.24	6.49	84.29	57.61	7.67	28.70	16.94	233.10	

พื้นที่ยางพารามีเนื้อที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดจาก 17.35 ตารางกิโลเมตร ในปี 2545 เป็น 84.29 ตารางกิโลเมตร ในปี 2556 เพิ่มขึ้น 66.94 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่เพิ่มขึ้นมาจากพื้นที่พีชไร้ พื้นที่อื่นๆ พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล พื้นที่นา พื้นที่

ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำจำนวน 38.91 13.68 7.05 4.40 2.61 0.48 และ 0.07 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 58.13 20.44 10.53 6.57 3.90 0.72 และ 0.10 ของเนื้อที่ยางพาราทั้งหมดในปี 2556 ตามลำดับ

วิจารณ์และสรุปผล

พื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญอีกแห่งหนึ่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นแหล่งทรัพยากรประมงที่มีศักยภาพ แหล่งอาศัยของทั้งนกอพยพและประจำถิ่น รวมถึงเป็นแหล่งน้ำสำคัญเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร และการท่องเที่ยว จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2545 ถึง 2556 ในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง พบว่าพื้นที่ยางพารา มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก สอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลงในรัศมี 5 กิโลเมตร ระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2554 ของ จิระเดช มาจันแดง¹⁷ พบว่าพื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล ในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ยางพารา มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นถึง 90.51 ตารางกิโลเมตร การขยายตัวของพื้นที่ปลูกยางพาราเกิดจากนโยบายของโครงการสนับสนุนให้ปลูกยางพาราเพื่อยกระดับรายได้ ในแหล่งปลูกยางใหม่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะที่ 1-3 ของรัฐบาล รวมถึงราคายางพาราที่มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะราคายางแผ่นดิบในปี 2554 สูงถึง กิโลกรัมละ 170 บาท เป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรหันมาปลูกยางพารามากขึ้น²⁵ ส่งผลให้พื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากการศึกษาการติดตามการขยายพื้นที่เพาะปลูกยางพาราบริเวณจังหวัดมุกดาหาร ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม THEOS ของ รัชมี สุวรรณวีระกำจร และคณะ²⁶ พบว่าพื้นที่ปลูกยางพาราจากปี พ.ศ. 2545, 2549, 2552, 2553 และ 2554 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคือ 38.82, 78.65, 194.12, 285.62 และ 349.12 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ และจากรายงานสถิติการเกษตรของประเทศไทย^{27, 28, 29} ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าพื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี พ.ศ. 2550 จนถึงปี พ.ศ. 2558 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจังหวัดบึงกาฬเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังเป็นจังหวัดที่มีผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดของภาคอีกด้วย เนื่องจากมีสภาพดินที่อุดมสมบูรณ์ และฝนตกชุก²⁵

เนื่องจากยางพาราเป็นไม้ยืนต้นที่ต้องการการดูแลอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรจึงมีการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อช่วยให้ต้นยางพารามีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอและสามารถกรีดยางน้ำได้อย่างได้ในเวลา 5-6 ปี หลังปลูก³⁰ อีกทั้งการใช้ปุ๋ยหลังเปิดกรีดยังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเพิ่มผลผลิตของยางพารา³¹ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารกำจัดวัชพืช เพื่อกำจัดวัชพืชที่ขึ้นรบกวนต้นยาง ที่อาจเป็นสาเหตุให้ต้นยางแคระแกรน³⁰ จาก

การศึกษาการผลิตยางพาราของเกษตรกร อำเภอบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ ของสุวิทย์ บริสุทธิ์ และคณะ³² โดยสุ่มเกษตรกรจำนวน 340 ราย จากเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับสำนักงานเกษตรอำเภอบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ ที่เปิดกรีดยาง จำนวน 2,282 ราย พบว่าอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีหลังเปิดกรีด เฉลี่ย 1.15 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และการกำจัดวัชพืชก่อนเปิดกรีดยางส่วนใหญ่ใช้วิธีพ่นสารกำจัดวัชพืช และการศึกษาของสมศักดิ์ พุ่มช่วย³³ ในเรื่องความรู้ ความคิดเห็น และการปฏิบัติของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืชในสวนยางพารากรณีศึกษาจังหวัดหนองคาย โดยสุ่มเกษตรกร 327 ราย จากเกษตรกรเจ้าของสวนยางพาราที่ได้รับการส่งเสริมจากสำนักงานกองทุนส่งเสริมการทำสวนยางและใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืชในจังหวัดหนองคาย จำนวน 1,792 ราย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ ใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดไกลโฟเซต มีอัตราการใช้ 200 ซีซี.ต่อน้ำ 20 ลิตร ในปริมาณ 10-20 ลิตรต่อปี เฉลี่ย 1.1 ลิตรต่อไร่ต่อปี

จากการใช้ปุ๋ยเคมี และสารกำจัดวัชพืชที่เกี่ยวข้องกับการปลูกยางพาราในปริมาณค่อนข้างสูง หากสารเคมีเหล่านี้ถูกชะล้างลงไปในพื้นที่ชุ่มน้ำ อาจส่งผลต่อคุณภาพน้ำได้จากรายงานสถานการณ์มลพิษทางน้ำจากการปลูกยางพาราของสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ³⁴ พบว่ามลพิษทางน้ำจากการปลูกยางพาราที่สำคัญ ได้แก่ มลพิษจากธาตุอาหารส่วนเกินในรูปแบบไนโตรเจน (Total nitrogen: TN) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Pesticide) และมีโอดี (Biochemical oxygen demand: BOD) ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ปุ๋ย และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ในปี พ.ศ. 2555 จังหวัดบึงกาฬ มีพื้นที่ปลูกยางพารา 643,206 ไร่ มีปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นในรูปแบบไนโตรเจนทั้งหมด 141,505 กิโลกรัมต่อปี ในรูปสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 38,592 กิโลกรัมต่อปี ในรูปบีโอดี 456,676 กิโลกรัมต่อปี

ถึงแม้ว่าปัจจุบันราคายางพาราแผ่นดิบคุณภาพดี ลดลงเหลือกิโลกรัมละ 44.14 บาทต่อกิโลกรัม (ราคาประมูล ณ ตลาดกลางยางพาราหนองคาย วันที่ 22 มีนาคม 2559)³⁵ อาจส่งผลให้เกิดการชะลอการขยายพื้นที่การเพาะปลูก แต่พื้นที่ปลูกเดิมก็ไม่ได้มีจำนวนลดลงมากนัก จากการรายงานสถานการณ์ยางพาราและการปรับตัวของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ²⁵ พบว่าเกษตรกรบางส่วนมีการปรับตัวรับกับสถานการณ์ยางพาราที่ตกต่ำ โดยการหารายได้เพิ่มเติมหลังจากการกรีดยางเสร็จแล้ว เช่น การรับจ้างทั่วไป รับจ้างก่อสร้าง ปลูกผักขายเป็นรายได้เพิ่มเติม ในส่วนของจังหวัดบึงกาฬ นายพงศักดิ์ ปรึชชาติชัย ผู้ว่าราชการจังหวัดบึงกาฬ

ได้ให้สัมภาษณ์ในหนังสือพิมพ์มติชน ฉบับวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2558³⁶ ถึงผลกระทบจากราคายางพาราตกต่ำว่า จังหวัดบึงกาฬได้รับความเดือดร้อนจากราคายางพาราตกต่ำเช่นกัน แต่ไม่มาก เพราะ 85% ของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราจะเป็นคนกรีดตัวเอง เป็นจุดแข็งของจังหวัดบึงกาฬ ถ้าขยันมากก็กรีดได้มาก เกษตรกรยังคงมีรายได้จากการปลูกยางพารา

จากการที่พื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ยางพารา และยังมีแนวโน้มนำเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการเฝ้าระวังถึงการปนเปื้อนมลพิษในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงโขงหลงอย่างต่อเนื่อง มีการบริหารจัดการและให้ความรู้แก่เกษตรกรในการลดปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ เพื่อลดแหล่งมลพิษที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำภายในพื้นที่ชุ่มน้ำ รวมถึงการวางแผนและติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่รับน้ำ

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป อาจพิจารณาทำวิจัยในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่รับน้ำในอนาคต ที่อาจเกิดการขยายตัวของพื้นที่ยางพาราเพิ่มมากขึ้น หรือลดลงจากสถานการณ์ราคายางพาราที่ตกต่ำอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรอาจเปลี่ยนไปปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นที่ให้อายุได้มากกว่า ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณมลพิษที่ล้นสู่พื้นที่ชุ่มน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ รวมถึงควรมีการวิจัยติดตามคุณภาพน้ำทั้งในส่วนของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลงเอง และแหล่งน้ำอื่นๆ ที่อยู่ภายในพื้นที่รับน้ำด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการและวางแผนการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556 คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

1. Mitsch WJ, Gosselink JG. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecol Econ.* 2000; 30(1): 25-33
2. Ehrenfeld JG. Evaluating wetlands within an urban context. *Ecol Eng.* 2000; 15:253-265.
3. Semilitsch RD, Bodie R. Are small, isolated wetlands expendable? *Conserv Biol.* 1998; 12(5):1129-1133.
4. Tabacchi E, Correll DL, Hauer R, Pinay G, Planty-Tabacchi A, Wissmar RC. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river

landscape. *Freshwater Biol.* 1998; 40:497-516.

5. Hey DL, Philippi NS. Flood reduction through wetland restoration: The Upper Mississippi River Basin as a case history. *Restor Ecol.* 1995; 3(1):4-17.
6. Jeng H, Hong Y. Assessment of a natural wetland for use in wastewater remediation. *Environ Monit Assess.* 2005; 111(1-3):113-131.
7. Mitra S, Wassman R, Vlek PL. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Curr Sci India.* 2005; 88(1):25-35.
8. Gibbs JP. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conserv Biol.* 2000; 14(1):314-317.
9. Trebitz AS, Morrice JA, Taylor DL, Anderson RL, West CW, Kelly JR. Hydromorphic determinants of aquatic habitat variability in Lake Superior coastal wetlands. *Wetlands.* 2005; 25(3):505-519.
10. มงคล ไชยภักดี, วัลยา ชนิดดาวงค์. สถานการณ์และการบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า; 2551.
11. ศันสนีย์ ชูแวว. การอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำกับการพัฒนาที่ยั่งยืน. *วารสารนิเวศวิทยา.* 2536; 20(2) : 51-63.
12. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สถานภาพพื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม; 2542.
13. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงโขงหลง. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม; 2545.
14. แสงอรุณ เนื่องสิทธิ์, นงนุช สุวรรณเพ็ง, ผ่องใส จันทร์ศรี, พงศ์เทพ จันทร์ชิต. สภาวะการประมงและผลจับสัตว์น้ำในบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง; 2557.
15. นิศาชล ฤกษ์แก้วมา, ประมุข ฤกษ์แก้วมา, จุฑารัตน์ พิมพ์พา. ความหลากหลายชนิดลูกปลาในบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ. *แก่นเกษตร.* 2558; 43(ฉบับพิเศษ 1).
16. วิรัช จิวแหยม. การศึกษาคุณภาพน้ำและสถานภาพของทรัพยากรประมงเพื่อการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ: เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง จังหวัดหนองคาย. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย; 2553.

17. จิระเดช มาจันแดง. การประยุกต์ใช้ดัชนีชี้วัดภูมิทัศน์สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินพื้นที่ชุ่มน้ำ: เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง. วารสารวิจัย มสค สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2558; 8(1):25-43.
18. Soutte M, Musy A. Coupling 1D Monte-Carlo simulations and geostatistics to assess groundwater vulnerability to pesticide contamination on a regional scale. *J Contam Hydrol.* 1998; 32:25-39.
19. Lake IR, Lovett AA, Hiscock KM, Betson M, Foley A, Sünnerberg G, Evers S, Fletcher S. Evaluating factors influencing groundwater vulnerability to nitrate pollution: developing the potential of GIS. *J Environ Manage.* 2003; 68(3):315-328.
20. Chae G, Kim K, Yun S, Kim K, Kim S, Choi B, Kim H, Rhee CW. Hydrogeochemistry of alluvial groundwaters in an agricultural area: an implication for groundwater contamination susceptibility. *Chemosphere.* 2004; 55:369-378.
21. ประชา อินทรแก้ว, ประเทือง จินตสกุล, วาสนา ภาณุรักษ์. การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณในการจำแนกข้อมูลดาวเทียมเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา; 2547.
22. Lambin EF. Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Prog Phys Geog.* 1997; 21(3) : 375-393.
23. Lopez E, Bocco G, Mendoza M, Duhau E. Predicting land cover and land use change in the urban fringe a case in Morelia City, Mexico. *Landscape Urban Plan.* 2001; 55(4):271-285.
24. Muttitanon W, Tripathi NK. Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat 5 TM data. *Int J Remote Sens.* 2005; 26(11):2311-2323.
25. สำนักพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. สถานการณ์ยางพาราและการปรับตัวของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ; 2558.
26. รัตมี สุวรรณวีระกำจร, วาสนา พุฒกลาง, อุรวรรณ จันทร์เกษ, พัทยา คำแดง, พงษ์เทพ วรรณรส, ศิริพร กมลธรรม. การติดตามการขยายพื้นที่เพาะปลูกยางพารา บริเวณจังหวัดมุกดาหาร ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม THEOS. ใน: การสัมมนาวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ประจำปี 2555 “เข้าใจ.เข้าถึงพื้นที่ด้วยเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ”; 2555.
27. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร; 2553.
28. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2555. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร; 2556.
29. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร; 2559.
30. จารึก บุญศรีรัตน์, อารักษ์ จันทูมา, สมพงศ์ สุขมาก. คำแนะนำการใช้สารเคมีปราบวัชพืชในสวนยาง. *ว.ยางพารา.* 2534; 2(1):4-18.
31. เวท ไทยบุญกุล, โสภกา โพธิ์วัตถุธรรม. การใช้ปุ๋ยยางพาราหลังเปิดกรีด. *ว.ยางพารา.* 2528; 6(7): 129-141.
32. สุวิฑูร์ บริสุทธิ์, จินดา ขลิบทอง, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ. การผลิตยางพาราของเกษตรกรอำเภอบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ. ใน: การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ครั้งที่ 4; 2557.
33. สมศักดิ์ พุ่มช่วย. ความรู้ ความคิดเห็น และการปฏิบัติของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืชในสวนยางพารา : กรณีศึกษา จังหวัดหนองคาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2544.
34. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. รายงานสถานการณ์มลพิษทางน้ำจากการปลูกยางพารา. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรมควบคุมมลพิษ; 2556.
35. สำนักงานตลาดกลางยางพาราหนองคาย. ราคาประมูลตลาดกลางยางพาราหนองคาย. [Online].; 2559. สืบค้นจาก <http://www.rubbermongkhai.com/>. 2 พฤษภาคม 2559.
36. มงคล เสี่ยงใส. พงษ์ศักดิ์ ปรีชาวิทย์ ผวจ.บึงกาฬ หนองคาย พังงา พัฒนาเมือง-ท่องเที่ยว. มติชน 2 กุมภาพันธ์ 2558; หน้า 27.