KHON KAEN AGR. J. 48 (3): 623-638 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.58.

การประเมินความเหมาะสมที่ดินและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรบนพื้นที่สูง จังหวัดน่าน

Land suitability and economic cost worthiness assessments for planting model under agroforestry system on highland, Nan province

อังคณา สมศักดิ์[1*], ถาวร อ่อนประไพ[2] และกฤษฎา แก่นมณี[3]

Angkana Somsak[1*], Thaworn Onpraphai[2] and Kritsada Kaenmanee[3]

บทคัดย่อ: ปัญหาการลดลงของทรัพยากรป่าไม้ในจังหวัดน่าน มีสาเหตุสำคัญมาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ป่าไม้ ทรัพยากรการเกษตร (เช่น ดินและแหล่งน้ำ) รวมถึงปัญหาหมอกควัน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดต้นแบบของการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรบนพื้นที่สูง โดยใช้วิธีประเมินความเหมาะสมที่ดินด้วยการประยุกต์ใช้ข้อมูลปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชและวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ตามหลักการของ FAO และกรมพัฒนาที่ดิน ชุดของแปลงปลูกพืชทดลองต้นแบบได้ถูกดำเนินการในพื้นที่ศึกษาที่บ้านน้ำลีใต้ ตำบลปิงหลวง อำเภอนาหมื่น จังหวัดน่าน แปลงปลูกพืชทดลองต้นแบบจำนวน 7 แปลง ได้ถูกกำหนดขึ้นด้วยการประเมินและคัดเลือกระดับความเหมาะสมที่ดินร่วมกับแนวทางการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ ได้แก่ การสร้างป่าสร้างรายได้และดอยตุงโมเดล และแบ่งสัดส่วนที่ดินการปลูกพืชเกษตรร่วมกับไม้ป่าหลังจากนั้น ทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 แปลง ผลการศึกษา พบว่า พื้นที่การปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น จำนวน 120.90 ไร่ (สัดส่วนที่ดิน 70) และไม้ป่า จำนวน 51.81 ไร่ (สัดส่วนที่ดิน 30) มีระดับความเหมาะสมมาก (S1) จำนวน 7.58 ไร่ (ร้อยละ 4.38) ระดับความเหมาะสมปานกลาง (S2) จำนวน 51.36 ไร่ (ร้อยละ 29.75) และระดับความเหมาะสมน้อย (S3) จำนวน 113.77 ไร่ (ร้อยละ 65.87) ทั้งนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของสภาพพื้นที่ สมบัติดินเป็นกรดจัด และธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ ท้ายที่สุด ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นแบบผลการทดลองการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่าตามสัดส่วนที่ดิน 70:30 มีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน เนื่องจากอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนอยู่ระหว่าง 2.99 – 3.26 เท่า

คำสำคัญ: การประเมินความเหมาะสมที่ดิน ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ระบบวนเกษตร พื้นที่สูง ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ABSTRACT:The problem of forest reduction in Nan province is caused mainly by expansion of maize cultivation on highlands, by which forest ecosystem, agricultural resources (such as soil and water sources) and smog production were issued. This study purposes to develop a set of planting

Recevised August 22, 2019

Accepted December 11, 2019

[1] นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ สาขาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[1] A Graduate Student, Department of Plant and Soil Sciences, Division of Soil Sciences and Natural Resource Management, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University,50200

[2] ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[2] Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, 50200

[3] คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[3] Faculty of Economics, Chiang Mai University, 50200

*Corresponding author: angkana.s@cmuic.net

model under agroforestry system on highland. The model was developed based on land suitability evaluation, which combined the application of data of crop growth factors with the analysis of Geographic Information System (GIS) according to FAO and Land Development Department (LDD). A set of experimental planting model was conducted at Ban Nam Li Tai, Ping Luang sub-district, Na Muen district, Nan province. Seven plots of experimental planting model were determined with the evaluation and selection of land suitability levels cooperated with the approaches of upstream forest recovery i.e. the forest building and income earning and the Doi-Tung model, and allocated the land ration for agricultural planting and forest trees. Afterward, an economic cost worthiness was assessed in the 7 study areas. As a result, found that, fruit tree and perennial tree planting areas of 120.90 rais (land ratio of 70%) and forest trees of 51.81 rais (land ratio of 30%) had the level of high suitability (S1)of 7.58 rais (4.38%), the level of moderate suitability (S2) of 51.36 rais (29.75%) and the level of marginal suitability (S3) of 113.77 rais (65.87%), These were caused by limitation of topography, severe acid soil property, and low nutrient availability in soil. Finally, a result of economic cost worthiness assessment, found that, the experimental planting model of fruit tree, perennial tree and forest tree planting model with the ratio of 70:30 had a worthiness for investment because the ratio of benefit and cost was between of 2.99 – 3.26 times.

Keywords: land suitability assessment, economic cost worthiness, agroforestry system, highland, geographic information system (GIS)

บทนำ

จังหวัดน่านตั้งอยู่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมีแม่น้ำสายสำคัญ คือ แม่น้ำน่านเป็นแหล่งต้นน้ำให้กับแม่น้ำเจ้าพระยา ถึงร้อยละ 45 ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชัน ร้อยละ 85 ของพื้นที่จังหวัด พื้นที่ราบลุ่มทำการเกษตร เพียงร้อยละ 12.2 และอีกร้อยละ 2.8 คือพื้นที่อยู่อาศัย ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง จึงนำไปสู่การบุกรุกทำลายป่าเพื่อการขยายพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สำนักงานแรงงานจังหวัดน่าน, 2559; สำนักงานจังหวัดน่าน, 2562)

ปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดน่านมีสาเหตุสำคัญจากการขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากสถิติของสำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน (2562) พบว่า ในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2549- พ.ศ. 2558) จำนวนพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของจังหวัดน่านได้ขยายเพิ่มขึ้น 3 เท่า โดยในปี พ.ศ. 2557 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุดถึง 955,949 ไร่ สาเหตุสำคัญของการขยายพื้นที่ คือ มีความต้องการรายได้และเพิ่มคุณภาพชีวิต นอกจากนี้ ยังถูกสนับสนุนด้วยระบบการตลาดและปัจจัยการผลิตที่แน่นอนจากพ่อค้าคนกลาง รวมถึงระบบการชำระหนี้สินจากการซื้อปัจจัยการผลิต เช่น ค่าปุ๋ยเคมี สารเคมี และเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้นำไปสู่ปัญหาหนี้สินและความยากจน (จิรวรรณ และคณะ, 2558; สิทธิเดช และเขมรัฐ, 2558) ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้กลับลดลงอย่างรวดเร็ว ในระหว่างปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2560 โดยพบว่า ในปี พ.ศ. 2551 จังหวัดน่านมีเนื้อที่ป่าไม้ 5.1 ล้านไร่ และในปี พ.ศ. 2560 เหลือเพียง 4.6 ล้านไร่ (กรมป่าไม้, 2561) แสดงให้เห็นถึงการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้โดยการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูง สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ป่าไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ ทรัพยากรทางการเกษตร เช่น ดิน แหล่งน้ำ และการพังทลายของดิน รวมถึงปัญหาหมอกควัน โดยสาเหตุหนึ่งเกิดจากวิธีถางและเผา (slash and burn) ก่อนการทำเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง (สมชัย, 2556)

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดต้นแบบของการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรบนพื้นที่สูง โดยใช้หลักการประเมินความเหมาะสมที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และกรมพัฒนาที่ดิน คือ กระบวนการกำหนดระดับความเหมาะสมของที่ดินต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ด้วยหลักการคัดเลือก วิเคราะห์ พิจารณาปัจจัยการเจริญเติบโตของพืช (FAO 1983; Bandyopadhyay et al., 2009) ร่วมกับแนวทางการฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำ ได้แก่ การสร้างป่าสร้างรายได้และดอยตุงโมเดลด้วยหลักการแบ่งสัดส่วนที่ดินเพื่อการปลูกพืชเกษตรและไม้ป่า (สำนักพระราชวัง, 2557; มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง, 2558; กรมป่าไม้, 2562) จากนั้นนำต้นแบบการปลูกพืชมาประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

(หฤทัย, 2550; เยาวเรศ, 2551; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 6, 2554) ดำเนินการในพื้นที่จำนวน 7 แปลง บริเวณบ้านน้ำลีใต้ ตำบลปิงหลวง อำเภอนาหมื่น จังหวัดน่าน ในพื้นที่ 172. 71 ไร่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรและการพัฒนาข้อจำกัดศักยภาพพื้นที่ในระดับแปลงและเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาการลดลงของทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา: แปลงเกษตรกรบ้านน้ำลีใต้ ตำบลปิงหลวง อำเภอนาหมื่น จังหวัดน่าน การดำเนินการศึกษาในระยะเวลา 1 ปี ในพื้นที่จำนวน 7 แปลง เนื้อที่จำนวนทั้งหมด 172.71 ไร่ ประกอบด้วยแปลงที่ (1) นายวรรพลพ ตุ้ยแก้ว มีเนื้อที่ 14.35 ไร่ (2) นายอิทธิเดช กระบิล มีเนื้อที่ 34.15 ไร่ (3) นายสมเพ็ญ คำลี มีเนื้อที่ 15.27 ไร่ (4) นายเฉลิม คำฤทธิ์ มีเนื้อที่ 29.21 ไร่ (5) นายธนกิติ มงคลฉยาธร มีเนื้อที่ 12.59 ไร่ (6) นางจุฑารัตน์ คำฤทธิ์ มีเนื้อที่ 29.15 ไร่ (7) นายถ้วน ตาคำ มีเนื้อที่ 37.99 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 20-35 เปอร์เซ็นต์ แสดงดัง Figure 1 ลักษณะดินอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 ไม่มีการศึกษาสำรวจและจำแนกดิน เนื่องจาก สภาพพื้นที่มีความลาดชันสูง ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ยางพารา มะม่วงหิมพานต์ และไม้ผลผสมผสาน

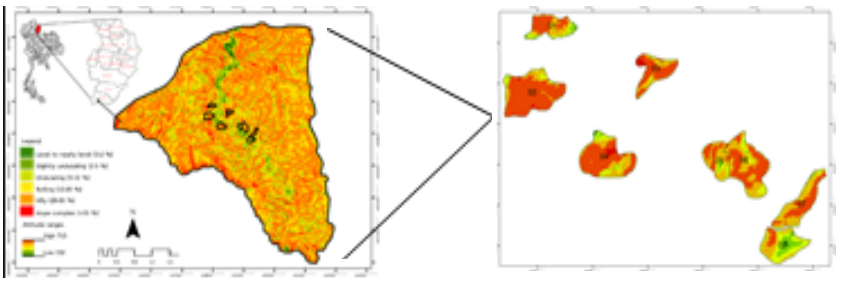

Figure 1 Topography and farming plots of the study areas

การประเมินความเหมาะสมที่ดินเพื่อสร้างต้นแบบการปลูกพืช

การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช: โดยการคัดเลือกลักษณะที่ดินในหน่วยที่ดินเดียวกันที่มีข้อจำกัดรุนแรงและมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ตลอดจนความพร้อมและงบประมาณในการเก็บข้อมูล การคัดเลือกปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชที่กำหนดโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และกรมพัฒนาที่ดิน ผลการคัดเลือกปัจจัย ได้แก่ ความต่างระดับของพื้นที่ อุณหภูมิ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ความจุในการดูดตรึงธาตุอาหาร และเนื้อดิน

การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยการเจริญเติบโตของพืช: (1) ความต่างระดับของพื้นที่; วิเคราะห์จากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) (2) ข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2561); รวบรวมข้อมูลการตรวจวัดสภาพอากาศรายเดือนของสถานีระบบโทรมาตรของเขื่อนสิริกิติ์ (TU09) ตำบลปิงหลวง อำเภอนาหมื่น จังหวัดน่าน และสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดน่าน (3) ข้อมูลสมบัติดิน; สำรวจสมบัติดินด้วยหลักการสำรวจดินแบบละเอียด (detailed survey) ร่วมกับการสุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบระบบ Systematic Random Sampling หรือระบบ Grid Sampling แบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินทุกระยะ 100 เมตร (เอิบ, 2547; Webster, 1977; Pleysier, 1995) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินจำนวน 61 จุดที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0 -100 เซนติเมตร โดยวิเคราะห์สมบัติดินดังนี้ ปฏิกิริยาเคมีของดิน (National Soil Survey Center, 1996) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Walkey and Black, 1934; Nelson and Sommer, 1996) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray

and Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (Pratt, 1965) ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Summer and Miller, 1996) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (National Soil Survey Center, 1996) และการระบายน้ำและลักษณะเนื้อดิน (Land Classification and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่: จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชนำมาพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้หลักการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) จากการสร้างข้อมูลเชิงพื้นผิวจากจุดหรือข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขด้วยวิธีการประมาณค่า (Inverse Distance Weight; IDW) จากเครื่องมือระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (สุเพชร, 2552)

การจัดระดับความเหมาะสมที่ดินจากปัจจัยการเจริญเติบโตของพืช: การจัดระดับความเหมาะสมโดยการจับคู่ให้คะแนนระหว่างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความต่างระดับของพื้นที่ อุณหภูมิ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ความจุในการดูดตรึงธาตุอาหาร และเนื้อดิน ร่วมกับความต้องการปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชต้นแบบ ได้แก่ ยางพารา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2535; วาสนา และชรัตน์, 2556) มะม่วงหิมพานต์ (Widiatmaka et al., 2015) มะยงชิด (Ritung et al., 2007) และไม้ป่า (กรมป่าไม้, 2562; พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2553) จากนั้นให้ค่าคะแนน ดังนี้ ระดับความเหมาะสมมาก (S1): ค่าคะแนนเท่ากับ 1 ระดับความเหมาะสมปานกลาง (S2): ค่าคะแนนเท่ากับ 0.8 ระดับความเหมาะสมน้อย (S3): ค่าคะแนนเท่ากับ 0.4 และระดับไม่เหมาะสม (N): ค่าคะแนนเท่ากับ 0.1

การประเมินความเหมาะสมที่ดินสำหรับต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร: โดยใช้หลักการคำนวณคณิตศาสตร์เชิงพื้นที่การซ้อนทับพร้อมกันของชั้นข้อมูล (overlay) ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชรายชนิด ได้แก่ ระดับความเหมาะสมของความต่างระดับของพื้นที่ อุณหภูมิ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ความจุในการดูดตรึงธาตุอาหาร และเนื้อดิน จากนั้นจัดระดับความเหมาะสมที่ดินดังกล่าวสำหรับการปลูกพืชต้นแบบรายชนิดตามช่วงคะแนนผลคูณจำนวนปัจจัยการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้ ระดับความเหมาะสมมาก (high suitability; S1) ช่วงคะแนนเท่ากับ 0.4782 - 1.0000 ระดับความเหมาะสมปานกลาง (moderate suitability; S2) ช่วงคะแนนเท่ากับ 0.0279 - 0.4782 ระดับความเหมาะสมน้อย (marginal suitability; S3) ช่วงคะแนนเท่ากับ 0.0002 - 0.0279 และระดับไม่เหมาะสม (not suitability; N) ช่วงคะแนนน้อยกว่า 0.0002 จากนั้นนำระดับความเหมาะสมที่ดินของพืชรายชนิดมาสร้างต้นแบบการปลูกพืช โดยพิจารณาร่วมกับแนวทางการฟื้นฟูป่าต้นน้ำตามแนวพระราชดำริ ได้แก่ การสร้างป่าสร้างรายได้และดอยตุงโมเดล ด้วยหลักการแบ่งสัดส่วนที่ดินตามระดับความเหมาะสมสำหรับปลูกพืชของเกษตรกรร่วมกับไม้ป่าเศรษฐกิจ ไม้ป่าใช้สอย และไม้ป่าอนุรักษ์ โดยอาศัยกระบวนการพัฒนาโมเดล 3S; ความอยู่รอด (survival), ความพอเพียง (sufficiency) และความยั่งยืน (sustainability) (สำนักพระราชวัง, 2557; มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง, 2558; กรมป่าไม้, 2562): ในขั้นตอนนี้เป็นการนำชั้นข้อมูลผลการประเมินระดับความเหมาะสมที่ดินของพืช ได้แก่ ชั้นข้อมูลระดับความเหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา มะม่วงหิมพานต์ มะยงชิด และไม้ป่า นำมาซ้อนทับพร้อมกันบนหน่วยที่ดินเดียวกันเพื่อคัดเลือกระดับความเหมาะสมที่ดินร่วมกับสัดส่วนที่ดินที่ได้กำหนดไว้สำหรับการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น จำนวน 120.90 ไร่ (สัดส่วนที่ดิน 70) ได้แก่ ระดับความเหมาะสมมาก (S1) ระดับความเหมาะสมปานกลาง (S2) และระดับความเหมาะสมน้อย (S3) สำหรับพื้นที่บางส่วนที่มีระดับไม่เหมาะสม (N) ได้แก่ พื้นที่สำหรับปลูกมะยงชิด จะทำการจัดพืชชนิดอื่นขึ้นมาทดแทน เช่น ยางพารา มะม่วงหิมพานต์ ตามระดับความเหมาะสมที่กำหนด สำหรับสัดส่วนที่ดินเพื่อการปลูกไม้ป่า จำนวน 51.81 ไร่ (สัดส่วนที่ดิน 30) จัดระดับความเหมาะสมที่ดิน ดังนี้ ระดับความเหมาะสมมาก (S1) ระดับความเหมาะสมปานกลาง (S2) และระดับความเหมาะสมน้อย (S3)

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร: โดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (cost – benefit analysis) ภายใต้ระยะเวลาดำเนินการของโครงการ 25 ปี เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่ครอบคลุมสำหรับการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่าโดยระยะเวลาดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้อ้างอิงอย่างแพร่หลายใน

บทความทางวิชาการและโครงการวิจัยต่าง ๆ (ชาญ วาณิชย์ และคณะ, 2548; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 6, 2554; เบญจพรรณ และคณะ, 2557) แสดงขั้นตอน ดังนี้

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ประกอบด้วย – ต้นทุนการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร (ไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่า) โดยการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาและข้อมูลสถิติการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดน่าน ในปี พ.ศ. 2556 - ปี พ.ศ. 2557 ได้จำแนกออกเป็นต้นทุนทางตรง คือ ต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยรายปี ได้แก่ ต้นทุนในปีแรก (ต้นทุนก่อนการให้ผลผลิตพืช) และต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยในปีที่ 1 จนถึงปีที่ 25 (ต้นทุนก่อนและหลังการให้ผลผลิตพืช) เนื่องจากพืชต้นแบบเป็นพืชที่ปลูกเพียงแค่ครั้งเดียวสามารถยืนต้นให้ผลผลิตได้หลายปีทำให้ต้องมีการดูแลรักษาอย่างต่อเนื่อง และต้นทุนทางอ้อม คือ ต้นทุนค่าเสียโอกาสสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยแทนค่าด้วยต้นทุนค่าเสียโอกาสของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าปุ๋ยและสารเคมี ค่าจ้างแรงงาน จากนั้นนำต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยรายปีที่ปรับค่าให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิของพืชแต่ละชนิดแล้วมาคูณร่วมกับสัดส่วนที่ดินตามต้นแบบการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้นสัดส่วนที่ดินร้อยละ 70 จำนวน 120.90 ไร่ และการปลูกไม้ป่าสัดส่วนที่ดินร้อยละ 30 จำนวน 51.81 ไร่ เพื่อแสดงต้นทุนการดำเนินงานในปีแรกและต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยในปีที่ 1 - ปีที่ 25 ของแปลงเกษตรกรตัวอย่างต่อไป

- ผลตอบแทนการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร (ไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่า): โดยการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาและข้อมูลสถิติการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดน่าน ในปี พ.ศ. 2556 - ปี พ.ศ. 2557ผลตอบแทนเฉลี่ยรายปี คือ ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากไม้ผลและไม้ยืนต้นได้กำหนดระยะเวลาตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไป และผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีที่เกิดขึ้นจากไม้ป่าตั้งแต่ปีที่ 15 เป็นต้นไป เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมด้านการให้ผลผลิตและด้านประสิทธิภาพ (เช่น เนื้อไม้ มวลชีวภาพ ธาตุอาหาร) (กรมป่าไม้, 2553) การประเมินมูลค่าผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีของไม้ป่าโดยใช้วิธีเทียบเคียงมูลค่าไม้ป่าที่มีความใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา ได้แก่ มูลค่าผลผลิตไม้ของสัก กระถินเทพา ยูคาลิปตัส (กรมป่าไม้, 2556กขค) มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในพื้นที่สวนหย่อมป่าธรรมชาติ (มูลค่า 82,628 บาทต่อไร่) และในพื้นที่ป่าดิบเขาสมบูรณ์ (มูลค่า 139,965 บาทต่อไร่) (Satienperakul, 2013) จากนั้นนำผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีที่ปรับค่าให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิของพืชแต่ละชนิดแล้วมาคูณร่วมกับสัดส่วนที่ดินตามต้นแบบการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้นสัดส่วนที่ดินร้อยละ 70 จำนวน 120.90 ไร่ และการปลูกไม้ป่าสัดส่วนที่ดินร้อยละ 30 จำนวน 51.81 ไร่ เพื่อแสดงผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีในแปลงเกษตรกรตัวอย่างต่อไป

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการพิจารณาได้จาก 1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 2) อัตราส่วนต้นทุนและผลตอบแทน (Benefit – Cost Ratio: B/C ratio) และ 3) อัตราส่วนผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) (หฤทัย, 2550; เยาวเรศ, 2551; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 6, 2554) โดยมีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) มูลค่าของผลประโยชน์สุทธิในอนาคตเมื่อคิดลดให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน: - มูลค่าปัจจุบันสุทธิของไม้ผลและไม้ยืนต้นแต่ละชนิดจากการรวบรวมข้อมูลต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยรายปีและผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีข้างต้นถูกนำมาปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิโดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาต้องชำระค่าดอกเบี้ยและเงินกู้ในปี พ.ศ. 2561) - มูลค่าปัจจุบันสุทธิของไม้ป่าโดยการรวบรวมข้อมูลต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยรายปีและผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีข้างต้นถูกนำมาปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิโดยใช้ระดับราคาดัชนีราคาผู้บริโภคหรืออัตราเงินเฟ้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.51 และ 101.03 (กระทรวงพาณิชย์, 2554; กระทรวงพาณิชย์, 2560) จากนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิของพืชแต่ละชนิดมาใช้คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิภายใต้ระยะเวลาการดำเนินการ 25 ปีตามต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรตามสัดส่วนที่ดิน 70:30 ของแปลงเกษตรกรตัวอย่างต่อไป สมการที่ 1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad \textbf{(สมการที่ 1)}$$

B คือ มูลค่าผลตอบแทนรวมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ ในปีที่ t (บาท)

C คือ มูลค่าต้นทุนรวมเพื่อการสร้างต้นแบบการปลูกพืช ในปีที่ t (บาท)

r คือ อัตราคิดลดใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ร้อยละ 7 ต่อปี)

t คือ อายุหรือระยะเวลาในการลงทุน (t = 0, 1, 2, …, 25) (ปี)

อัตราส่วนต้นทุนและผลตอบแทน (Benefit – Cost Ratio: B/C ratio): คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนที่เกิดขึ้นทั้งหมดของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของโครงการ สมการที่ 2 อัตราส่วนต้นทุนและผลตอบแทน

$$\frac{B}{C} = \sum_{t=1}^{n} \frac{\frac{B_t}{(1+r)^t}}{\frac{C_t}{(1+r)^t}} \qquad \textbf{(สมการที่ 2)}$$

อัตราส่วนผลตอบแทนภายใน (IRR): อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราส่วนคิดลดสูงที่สุดที่โครงการสามารถจ่ายให้กับทรัพยากรต่าง ๆ ซึ่งเมื่อจ่ายแล้วโครงการนั้นจะยังคงมีผลประโยชน์เท่ากับต้นทุนทั้งหมดพอดีหรืออัตราส่วนคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7 ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (อัตราเงินกู้ของ ธ.ก.ส. ในปี พ.ศ. 2561 ที่เกษตรกรในหมู่บ้านต้องเสียค่าดอกเบี้ยเงินกู้) สมการที่ 3 อัตราส่วนผลตอบแทนภายใน

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \qquad \textbf{(สมการที่ 3)}$$

จากนั้นนำผลการคำนวณความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการจากสมการที่ 1 - สมการที่ 3 นำมาพิจารณาตามหลักเกณฑ์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จำนวน 3 หลักเกณฑ์ ดังนี้ หลักเกณฑ์ที่ 1: มีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือมีความเป็นไปได้ หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าศูนย์หรือมีค่าเป็นบวก อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้หรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน หลักเกณฑ์ที่ 2: การลงทุนยังพอลงทุนได้ เนื่องจากมีผลตอบแทนเท่ากับต้นทุน หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่าเท่ากับ 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนมีค่าเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้หรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน และหลักเกณฑ์ที่ 3: ไม่คุ้มค่าในการลงทุน หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์หรือมีค่าเป็นลบ อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนมีค่าน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้หรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การจัดระดับความเหมาะสมที่ดินของปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชต้นแบบ:

ความต่างระดับของพื้นที่: พื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 43.50 ความลาดชันอยู่ระหว่าง 20-35% เป็นภูเขาสูงชันจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด รองลงมาพื้นที่ร้อยละ 30.52 ความลาดชันอยู่ระหว่าง 12-20 % และพื้นที่ร้อยละ 24.58 มีความลาดชันน้อยกว่า 20 % จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากถึงปานกลางสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด และพื้นที่ร้อยละ 1.40 มีความลาดชัน 35-50 % จัดอยู่ในระดับไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2a)

อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน: อุณหภูมิเฉลี่ย 25.9 องศาเซลเซียสจัดอยู่ในระดับเหมาะสมมากสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,274.70 มิลลิเมตรต่อปีจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกมะยงชิด จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกมะม่วงหิมพานต์และจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยและไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกไม้ป่ายางพารา ตามลำดับ (Figure 2b-2c)

สมบัติดิน ลักษณะเนื้อดิน; พื้นที่ร้อยละ 85.12 เนื้อดินอยู่ในกลุ่มของดินร่วนเป็นเนื้อดินค่อนข้างละเอียดจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด รองลงมาพื้นที่ร้อยละ 8.91 เนื้อดินอยู่ในกลุ่มทรายเป็นเนื้อดินค่อนข้างหยาบและพื้นที่ร้อยละ 5.97 เนื้อดินอยู่ในกลุ่ม

ดินเหนียวซึ่งเป็นเนื้อดินละเอียดจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2d) ปฏิกิริยาดิน; พื้นที่ร้อยละ 67.33 เป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดรุนแรงมากที่สุดจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกมะม่วงหิมพานต์ มะยงชิด และไม้ป่า จัดอยู่ในระดับไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกทุเรียน และพื้นที่ร้อยละ 6.40 เป็นกรดแก่จัดมากจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกยางพารา ไม้ป่า และจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางและเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกมะยงชิด มะม่วงหิมพานต์ ตามลำดับ และพื้นที่ร้อยละ 26.27 เป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2e) ปริมาณอินทรียวัตถุ; พื้นที่ร้อยละ 58.59 อินทรียวัตถุปานกลางถึงค่อนข้างสูงจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด และพื้นที่ร้อยละ 41.41 อินทรียวัตถุต่ำถึงค่อนข้างต่ำจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2f) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์; พื้นที่ร้อยละ 89.58 ปริมาณฟอสฟอรัสต่ำมาก รองลงมาพื้นที่ร้อยละ 6.00 ปริมาณฟอสฟอรัสต่ำปานกลางและพื้นที่ร้อยละ 4.42 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ต่ำจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2g) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์; พื้นที่ร้อยละ 56.48 ปริมาณโพแทสเซียมต่ำจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด รองลงมาพื้นที่ร้อยละ 23.97 โพแทสเซียมปานกลางและพื้นที่ร้อยละ 19.56 ปริมาณโพแทสเซียมสูงจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2h) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน; พื้นที่ร้อยละ 59.21 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนระดับต่ำปานกลาง รองลงมาพื้นที่ร้อยละ 25.57 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนระดับต่ำมากและพื้นที่ร้อยละ 15.22 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนระดับต่ำจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2i) ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส; พื้นที่ร้อยละ 29.04 มีค่าความอิ่มตัวด้วยเบสสูงจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกมะยงชิดและจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกยางพารา มะม่วงหิมพานต์ไม้ป่า พื้นที่ร้อยละ 18.96 มีค่าความอิ่มตัวด้วยเบสปานกลาง จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกมะยงชิด จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกมะม่วงหิมพานต์ ไม้ป่า และจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกยางพารา พื้นที่ร้อยละ 34.41 มีค่าความอิ่มตัวด้วยเบสค่อนข้างต่ำจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกมะม่วงหิมพานต์ มะยงชิด ไม้ป่า และจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกยางพารา พื้นที่ร้อยละ 17.59 มีค่าความอิ่มตัวด้วยเบสต่ำจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกยางพารา จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางและระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกมะยงชิด มะม่วงหิมพานต์ และไม้ป่า ตามลำดับ (Figure 2j) การระบายน้ำของดิน; พื้นที่ร้อยละ 73.40 มีสภาพการระบายของดินดีถึงดีปานกลางจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด และพื้นที่ร้อยละ 26.60 มีสภาพการระบายน้ำค่อนข้างเลวจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกพืชต้นแบบทุกชนิด (Figure 2k)

การประเมินความเหมาะสมที่ดินของพืชต้นแบบรายชนิด

ผลการประเมินความเหมาะสมที่ดินสำหรับการปลูกยางพารา มะม่วงหิมพานต์ มะยงชิด และไม้ป่า ผลการประเมินความเหมาะสมที่ดิน พบว่า ยางพารา; พื้นที่ส่วนใหญ่ จำนวน 161.18 ไร่ (ร้อยละ 93.32) มีระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับปลูกยางพารา รองลงมาพื้นที่ จำนวน 11.53 ไร่ (ร้อยละ 6.68) มีระดับความเหมาะสมปานกลาง (Table 1 and Figure 3a) มะม่วงหิมพานต์; เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของหมู่บ้านน้ำลิใต้ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ จำนวน 119.82 ไร่ (ร้อยละ 69.38) มีระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับปลูกมะม่วงหิมพานต์ รองลงมาพื้นที่ จำนวน 45.65 ไร่ (ร้อยละ 26.43) มีระดับความเหมาะสมปานกลาง และพื้นที่

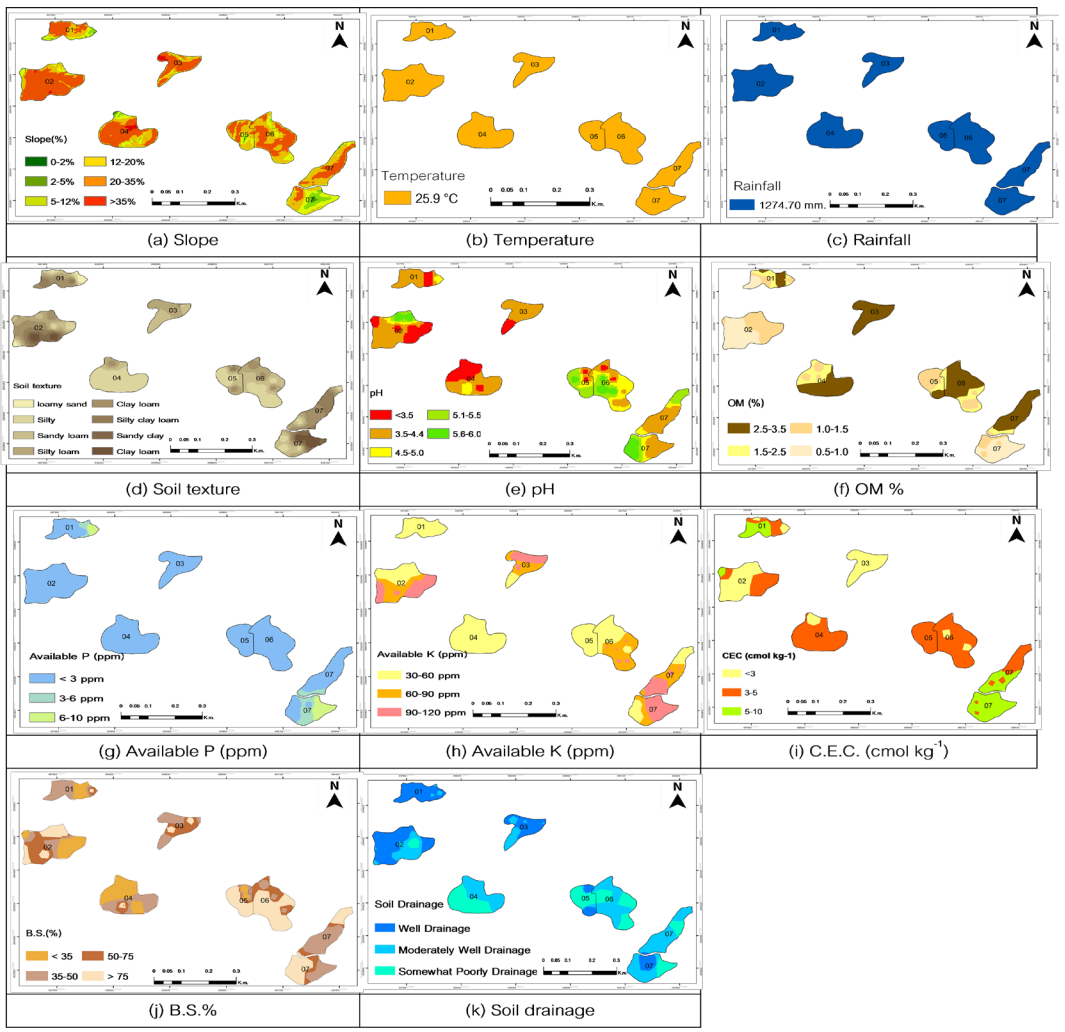

Figure 2 Growth factors in each study area for land suitability analysis

จำนวน 7.24 ไร่ (ร้อยละ 4.19) มีระดับความเหมาะสมมาก (Table 1 and Figure 3b) มะยงชิด; พื้นที่ส่วนใหญ่ จำนวน 150.41 ไร่ (ร้อยละ 87.09) มีระดับความเหมาะสมน้อย และพื้นที่ จำนวน 22.30 ไร่ (ร้อยละ12.91) มีระดับไม่เหมาะสม (Table 1 and Figure 3c) ไม้ป่า; พื้นที่ส่วนใหญ่ จำนวน 119.82 ไร่ (ร้อยละ 69.38) มีระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกไม้ป่า รองลงมาพื้นที่ จำนวน 45.65 ไร่ (ร้อยละ 26.43) มีระดับความเหมาะสมปานกลาง และพื้นที่ จำนวน 7.24 ไร่ (ร้อยละ 4.19) มีระดับความเหมาะสมมาก (Table 1 and Figure 3d)

Table 1 Land suitability level of Rubber, Cashew, Marian plum and Forest Trees

Land suitability	Rubber		Cashew		Marian plum		Forest Trees	
	Rai	Percent	Rai	Percent	Rai	Percent	Rai	Percent
S1	-	-	7.24	4.19	-	-	7.24	4.19
S2	11.53	6.68	45.65	26.43	-	-	45.65	26.43
S3	161.18	93.32	119.82	69.38	150.41	87.09	119.82	69.38
N	-	-	-	-	22.30	12.91	-	-
Total	172.71	100.00	172.71	100.00	172.71	100.00	172.71	100.00

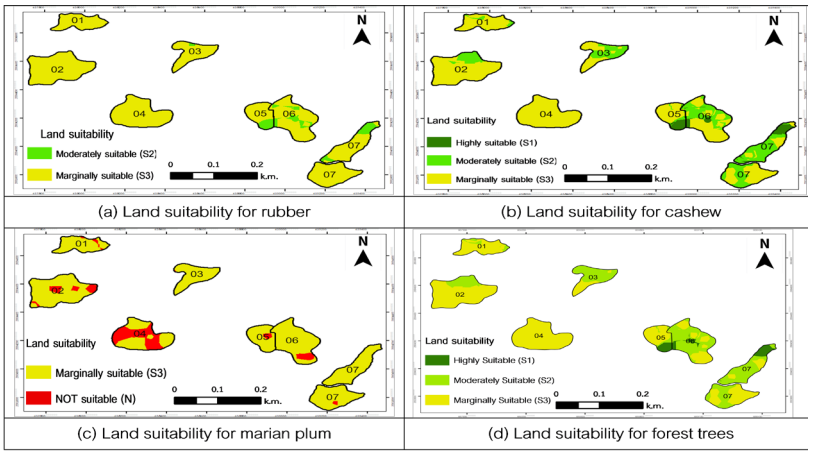

Figure 3 Land suitability for rubber, cashew, marian plum and forest trees at plot level

ระดับความเหมาะสมที่ดินของต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร

ต้นแบบการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่าด้วยสัดส่วนที่ดิน 70:30 ผลการจัดระดับความเหมาะสมที่ดินของพื้นที่สำหรับปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นในสัดส่วนที่ดิน 70 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 120.90 ไร่ พบว่า พื้นที่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกมะม่วงหิมพานต์ - ยางพารา จำนวน 4.38 ไร่ (ร้อยละ 2.53) พื้นที่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกมะม่วงหิมพานต์ - ยางพารา จำนวน 37.54 ไร่ (ร้อยละ 21.74) และพื้นที่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกมะยงชิด – มะม่วงหิมพานต์ - ยางพารา จำนวน 78.98 ไร่ (ร้อยละ 45.73) ผลการจัดระดับความเหมาะสมที่ดินของพื้นที่สำหรับปลูกไม้ป่าด้วยสัดส่วนที่ดิน 30 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 51.81 ไร่ พบว่า พื้นที่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกไม้ป่า จำนวน 3.20 ไร่ (ร้อยละ 1.85) พื้นที่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกไม้ป่า จำนวน 13.82 ไร่ (ร้อยละ 8.01) และพื้นที่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับการปลูกไม้ป่า จำนวน 34.79 ไร่ (ร้อยละ 20.14) แสดงดัง **Table 2 and Figure 4**

Table 2 Land suitability of fruit trees, perennial trees and forest trees model in plots level

Plot	Fruit trees and Perennial trees (70%)						Forest trees (30%)					
	S1 cashew - rubber		S2 cashew - rubber		S3 marian plum -cashew-rubber		S1 forest trees		S2 forest trees		S3 forest trees	
	Rai	Percent	Rai	Percent	Rai	Percent	Rai	Percent	Rai	Percent	Rai	Percent
01	-	-	0.61	0.36	9.89	5.73	-	-	1.08	0.63	2.77	1.60
02	-	-	5.25	3.04	18.52	10.73	-	-	-	-	10.38	6.01
03	-	-	5.80	3.36	4.93	2.85	-	-	4.43	2.57	0.11	0.06
04	-	-	-	-	20.41	11.82	-	-	-	-	8.80	5.10
05	2.77	1.60	0.50	0.29	5.50	3.19	-	-	0.74	0.43	3.08	1.78
06	1.26	0.73	9.63	5.57	9.53	5.51	-	-	3.58	2.07	5.15	2.98
07	0.35	0.20	15.75	9.12	10.20	5.90	3.20	1.85	3.99	2.31	4.50	2.61
Total	4.38	2.53	37.54	21.74	78.98	45.73	3.20	1.85	13.82	8.01	34.79	20.14

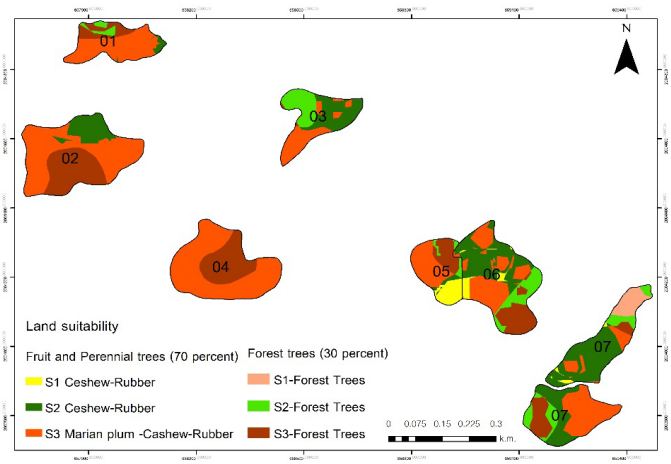

Figure 4 Land suitability of fruit trees, perennial trees and forest trees planting model at plot level

ข้อจำกัดของต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรและแนวทางการแก้ไขข้อจำกัด

ต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร พื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อย เนื่องจาก **ข้อจำกัดสภาพพื้นที่**: พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 20 – 35 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้เกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินอย่างรุนแรง ขาดแคลนน้ำ ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ และบางพื้นที่อาจพบชั้นหินพื้นหรือเศษหินกระจัดกระจายอยู่บริเวณหน้าดิน ในกรณีการทำเกษตรกรรมบนพื้นที่สูงต้องมีการศึกษาข้อมูลและองค์ความรู้ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการทำขั้นบันไดดิน (bench terrace) ทำคันคูรอบเขา (hill side ditch) ปลูกพืชเฉพาะหลุมร่วมกับการปลูกพืชคลุมดิน ทำทางระบายบ่อดักตะกอน และการเก็บน้ำไว้ในดินเฉพาะต้นพืช เป็นต้น การไม่ทำลายไม้พื้นล่าง เช่น ปลูกพืชคลุมดิน ทำแนวรั้วหญ้าแฝก ขุดหลุมปลูกเฉพาะต้น เป็นต้น สำหรับพื้นที่ไม่มีศักยภาพทางการเกษตรหรือไม่เหมาะสม

ควรรักษาไว้ให้เป็นสวนป่า สร้างสวนป่าหรือปลูกไม้ใช้สอยโตเร็ว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) **ข้อจำกัดด้านคุณสมบัติดิน**: ปฏิกิริยาดินที่เป็นกรดอย่างรุนแรงส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต และพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินค่อนข้างต่ำถึงต่ำ (เช่น ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์) ควรมีมาตรการจัดการเพิ่มปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน เช่น การจัดการหรือเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ด้วยการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ควบคู่กับการควบคุมระดับของฟอตเฟสให้มีประสิทธิภาพสูงสุด การจัดการหรือเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในดิน ด้วยการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมสะสม เช่น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งเพื่อลดการตรึงโพแทสเซียม เป็นต้น (จีราภรณ์, 2557) การจัดการปฏิกิริยาดินที่เป็นกรดอย่างรุนแรง: กรมพัฒนาที่ดิน (2560) ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงดินกรดด้วยวิธีการเติมวัสดุปูนโดโลไมต์ปริมาณ 2 ตันต่อไร่ร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดิน (ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า) นอกจากนี้ Molnár et al (2016) ได้ทำการปรับปรุงดินที่เป็นกรดบนพื้นที่สูงโดยวิธีการใช้ถ่านชีวภาพ (biochar) จากวัสดุตกค้างทางการเกษตร (agricultural waste) ได้แก่ ถ่านชีวภาพจากเปลือกของธัญพืช (grain husk) กากตะกอนเยื่อกระดาษ (paper fibre sludge) และเปลือกไม้ (wood screenings) ร่วมกับปุ๋ยคอกใส่ลงไปในดิน ในอัตรา 0.5 w/w% และ 1 w/w% ปรับปรุงดินที่เป็นกรดจัด (pH 4.9) พบว่าปฏิกิริยาดินเพิ่มขึ้นจาก 0.9 หน่วยเป็น 1.3 หน่วย ในประเทศไทยได้ปรับปรุงดินที่เป็นกรดจัดจากวัสดุตกค้างทางการเกษตร เช่น ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนเพื่อการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน (เกศศิรินทร์ และคณะ, 2561) ถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเพื่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงของพริกขี้หนูซูเปอร์ฮอท (พชรพล และสุขุมาภรณ์, 2561)

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของพืช: จากการรวบรวมข้อมูลต้นทุนการดำเนินงานและผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีที่ถูกปรับค่าให้เป็นมูลค่าปัจจุบันของพืชแต่ละชนิด ประกอบด้วย ต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยรายปี (ต้นทุนก่อนและหลังการให้ผลผลิตพืช) ผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีของยางพารา มะม่วงหิมพานต์ และมะยงชิดเริ่มต้นตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไป และผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีของไม้ป่าเริ่มต้นตั้งแต่ปีที่ 15 เป็นต้นไป ได้แก่ มูลค่าผลผลิตไม้ มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในพื้นที่สวนหย่อมป่าธรรมชาติ และในพื้นที่ป่าดิบเขาสมบูรณ์ (กรมป่าไม้, 2556กขค; Satienperakul, 2013) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของพืชแต่ละชนิดที่ได้แสดงค่าการดำเนินงานตลอดระยะเวลาของโครงการ 25 ปี แสดงดัง **Table 3**

Table 3 Net Present Value and equivalent value for fruit tree, perennial tree and forest tree

Lists of Net Present Value (bath/ra /year)	rubber	cashew	marian plum	forest trees
Capital of the first year (bath/rais)	5,596.17	3,924.01	3,167.82	2,868.51
Plant varieties expense	2,374.71	3,525.00	1,500.00	1,470.44
Labour expense	829.08	182.50	212.82	1,283.33
Fertilizer and chemical expense	384.86	192.43	1,380.00	84.73
Other expense (fuel oils, repair equipment)	2,007.52	24.08	75.00	30.00
Average cost (year/bath/rais)	5,552.22	3,625.50	4,238.79	1,218.41
Benefit (year/bath/rais)	10,016.09	6,431.87	10,500.00	118,981.05
Net Present Value: NPV (bath/rais)	46,538.50	11,324.76	31,992.51	446,063.59

ต้นทุนการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร: จากต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยรายปีของพืชแต่ละชนิดมาคูณร่วมกับสัดส่วนที่ดินตามต้นแบบการปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นสัดส่วนที่ดินร้อยละ 70 จำนวน 120.90 ไร่ และการปลูกไม้ป่าสัดส่วนที่ดินร้อยละ 30 จำนวน 51.81 ไร่ ของแปลงเกษตรกรตัวอย่าง ประกอบด้วย ต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยรายปีได้แสดงต้นทุนปีแรก (ช่วงดูแลรักษาก่อนให้ผลผลิตพืช) และต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยในปีที่ 1 - ปีที่ 25 (ช่วงการดูแลรักษาก่อนและหลังการให้ผลผลิตพืช) เช่น ต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าปุ๋ยและสารเคมี ค่าแรงงาน เป็นต้น และต้นทุนทางอ้อมการดำเนินงานเฉลี่ยรายปีจากค่าเสียโอกาสการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ศึกษา แสดงดัง **Table 4**

Table 4 Direct and indirect cost of fruit tree, perennial tree and forest tree planting model

Plot	Direct cost (bath / year)		Indirect cost (bath / year)
	fruit tree, perennial tree and forest tree		opportunity cost for maize
	In 0 year	In 1 – 25 year	
01	50,060.25	47,485.35	25,061.82
02	121,817.51	123,068.60	60,864.42
03	55,656.42	53,037.57	26,851.95
04	103,898.64	90,503.77	51,913.77
05	44,739.26	46,743.08	23,271.69
06	103,481.95	98,291.19	51,913.77
07	137,598.71	131,752.04	68,024.94

ผลตอบแทนการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตร: จากผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีของพืชแต่ละชนิดมาคูณร่วมกับสัดส่วนที่ดินตามต้นแบบการปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นสัดส่วนที่ดินร้อยละ 70 จำนวน 120.90 ไร่ และการปลูกไม้ป่าสัดส่วนที่ดินร้อยละ 30 จำนวน 51.81 ไร่ ของแปลงเกษตรกรตัวอย่าง ประกอบด้วย ผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีของไม้ผลและไม้ยืนต้น ตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไป และผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีของไม้ป่าตั้งแต่ปีที่ 15 เป็นต้นไป ได้แก่ ผลผลิตไม้ การกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในดิน (กรมป่าไม้, 2556กขค; Satienperakul, 2013) แสดงดัง **Table 5**

Table 5 Benefit of fruit tree, perennial tree and forest tree at plot level

plot	benefit (bath/year)	
	fruit trees and perennial trees	forest trees
01	93,626.52	475,924.20
02	237,662.45	1,189,810.50
03	103,642.61	475,924.20
04	175,885.22	1,070,829.45
05	94,287.24	475,924.20
06	206,720.93	1,070,829.45
07	265,096.72	1,308,791.55

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ: ต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรด้วยสัดส่วนที่ดิน 70:30 สำหรับการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่า พบว่า อยู่ในหลักเกณฑ์ที่ 1 มีความคุ้มค่าหรือมีความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยพิจารณาจากผลการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนที่มากกว่า 1 (ระหว่าง 2.99 – 3.26 เท่า) หมายถึง ต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรด้วยสัดส่วนที่ดิน 70:30 ได้รับผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณามูลค่าปัจจุบันสุทธิของแปลงเกษตรกรตัวอย่าง พบว่า ทุกแปลงมีค่าเป็นบวกอยู่ระหว่าง 2,407,543 - 6,709,427 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 14.53 – ร้อยละ 15.55 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (ร้อยละ 7) ของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร แสดงดัง Table 6

Table 6 Economic cost worthiness of planting fruit tree, perennial tree and forest tree model at plot level

Plot	Present value of cost (bath)	Present value of benefit (bath)	Net Present Value (NPV) (bath)	B/C ratio	IRR
01	1,153,811	3,471,916	2,407,543	3.01	14.54%
02	2,920,412	8,721,992	6,025,419	2.99	14.53%
03	1,174,166	3,589,457	2,508,486	3.06	15.01%
04	2,270,465	7,403,727	5,331,322	3.26	14.97%
05	1,110,095	3,479,670	2,461,006	3.13	15.22%
06	2,388,744	7,765,590	5,584,321	3.25	15.55%
07	3,177,066	9,637,236	6,709,427	3.03	14.75%

สรุป

การประเมินความเหมาะสมที่ดินของต้นแบบการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่าด้วยสัดส่วนที่ดิน 70:30 คือ การปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น จำนวน 120.90 ไร่ (ร้อยละ 70) และการปลูกไม้ป่า จำนวน 51.81 ไร่ (ร้อยละ 30) พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยสำหรับปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น และไม้ป่า จำนวน 113.77 ไร่ (ร้อยละ 65.86) เนื่องจากปัจจัยการปลูกพืชที่มีข้อจำกัด ได้แก่ ความต่างระดับของพื้นที่ ดินเป็นกรดจัดอย่างรุนแรงและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ อย่างไรก็ตามเกษตรกรสามารถแก้ไขหรือบรรเทาข้อจำกัดของศักยภาพพื้นที่ โดยใช้หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นสูง การจัดการปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินอย่างถูกต้องและเหมาะสม รวมถึงการวางแผนและศึกษาข้อมูลก่อนการปลูกพืช เช่น สภาพพื้นที่ ความอุดมสมบูรณ์ดิน ระดับความเหมาะสมที่ดิน เป็นต้น

การประเมินคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรตามสัดส่วนที่ดิน 70:30 ในระยะเวลาการดำเนินงานโครงการ 25 ปี พบว่า ต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรได้รับผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นภายในโครงการ ดังนั้นจึงแสดงได้ว่าชุดต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรมีความคุ้มค่าและมีความเป็นไปได้สำหรับการลงทุนตามหลักเกณฑ์การพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่ทั้งนี้ ชุดต้นแบบการปลูกพืชภายใต้ระบบวนเกษตรมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาการดำเนินการที่ค่อนข้างใช้ระยะเวลายาวนานจนกว่าพืชจะสามารถให้ผลผลิตได้ ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้ในช่วงเวลาดังกล่าวไป แต่ถ้าเกษตรกรมีความประสงค์ที่จะปรับเปลี่ยนพื้นที่เพื่อการปลูกพืชภาย

ใต้ระบบวนเกษตรบนพื้นที่สูง โดยเกษตรกรควรน้อมนำแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของในหลวงรัชกาลที่ 9 มาเป็นแนวทางปฏิบัติ เช่น การทำเกษตรผสมผสานเพื่อสร้างรายได้ให้เกิดขึ้นในระยะสั้น ระยะปานกลาง และระยะยาว

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ผลการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างความยั่งยืนภายในชุมชนภายใต้การฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าต้นน้ำ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ควรเพิ่มเติมวิธีการประมาณผลผลิต การติดตามผลของช่วงการเจริญเติบโตพืชในแต่ละระดับความเหมาะสมของที่ดิน และการวางแผนยุทธศาสตร์แบบมีส่วนร่วมระหว่างชุมชนและหน่วยงานภายในท้องถิ่นเพื่อใช้เป็นแบบแผนและแนวทางการพัฒนาชุมชนให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพบริบทท้องถิ่น ภูมิสังคม ทรัพยากรธรรมชาติ (ดิน น้ำ ป่าไม้) เศรษฐกิจและสังคม ซึ่งเป็นแผนการดำเนินศึกษาขั้นต่อไปในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเขื่อนสิริกิติ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่สนับสนุนงบประมาณทุนวิจัยภายใต้โครงการ การปลูกป่าผสมผสานบนพื้นที่สูงตามศักยภาพเชิงพื้นที่และศักยภาพเชิงชุมชนเพื่อฟื้นฟูป่าต้นน้ำ จังหวัดน่าน และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนผู้ช่วยสอน/ผู้ช่วยวิจัย (TA/RA) ให้ดำเนินงานวิจัยสำเร็จและลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์. 2554. ตารางสรุปดัชนีราคาผู้บริโภคชุดทั่วไปปี 2554. แหล่งข้อมูล: http://www.indexpr.moc.go.th/price_present/cpi/stat/others/indexg_report2.asp?list_year=2554. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2562.

กระทรวงพาณิชย์. 2560. ตารางสรุปดัชนีราคาผู้บริโภคชุดทั่วไปปี 2561. แหล่งข้อมูล: http://www.indexpr.moc.go.th/price_present/cpi/stat/others/indexg_report2.asp?list_year=2561. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2562.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2535. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. กลุ่มชุดดินในพื้นที่ดอน. แหล่งข้อมูล: http://www.ldd.go.th/thai-soils_museum/62_soilgroup/sgr_hi-land/sgr_hiland.htm. ค้นเมื่อ 30 มกราคม 2562.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2560. ข้อมูลการจัดการดิน. แหล่งข้อมูล: http://www.ldd.go.th/Web_Soil/acid.htm. ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2562.

กรมป่าไม้. 2553. การปลูกไม้ป่าเศรษฐกิจ (ยางนา สัก). สำนักงานส่งเสริมการปลูก, กรุงเทพฯ.

กรมป่าไม้. 2556ก. สัก. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, กรุงเทพฯ.

กรมป่าไม้. 2556ข. กระถินเทพา. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, กรุงเทพฯ.

กรมป่าไม้. 2556ค. ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, กรุงเทพฯ.

กรมป่าไม้. 2561. เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทยแยกรายจังหวัด ปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2560. แหล่งข้อมูล: http://forestinfo.forest.go.th/Content.aspx?id=80. ค้นเมื่อ 30 มกราคม 2562.

กรมป่าไม้. 2562. สวนป่าแบบผสมในรูปแบบระบบวนเกษตร. แหล่งข้อมูล: http://forestinfo.forest.go.th/pfd/km1-1.aspx. ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2562.

เกศศิรินทร์ แสงมณี, ธีระรัตน์ ชิณแสน, และดารณี ยุพิน. 2561. ผลของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด. แก่นเกษตร. 49: 401-404.

จิรวรรณ กิจชัยเจริญ, พรสิริ สืบพงษ์สังข์, ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, และพนมศักดิ์ พรหมบุรมย์. 2558. รายงานโครงการวิจัย การวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่สูง จังหวัดน่าน. ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2557. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์ดีพริ้นท์, เชียงใหม่.

ชาญวาณิชย์ เกิดเกษม, สันติ สุขสะอาด, และวุฒิพล หัวเมืองแก้ว. 2548. การวิเคราะห์การลงทุนทางการเงินของสวนสมรมในป่าสงวนแห่งชาติป่าพะโต๊ะ ป่าบังหวาน และป่าปากทรง จังหวัดชุมพร. วิทยาศาสตร์เกษตร (สังคม). 26: 213-223.

เบญจพรรณ เอกะสิงห์, จิรวรรณ กิจชัยเจริญ, ชาญชัย แสงชูโยสวัสดิ์, เทวินทร์ แก้วเมืองมูล, พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์, พรสิริ สืบพงษ์สังข์, รจเร นพคุณวงษ์, และสิทธิชัย ลอดแก้ว. 2557. โครงการวิจัยทางเลือกระบบพืชสู่การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน จังหวัดน่าน. ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล, สำเริง ปานอุทัย, และพิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. 2553. แบบจำลองเพื่อกำหนดพื้นที่ปลูกป่าที่ได้ผล. ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และการจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

พชรพล เปียรักษา และสุขุมาภรณ์ แสงงาม. 2561. ผลของการประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพริกขี้หนูซูเปอร์ฮอทภายใต้สภาวะดินเปรี้ยว. แก่นเกษตร. 46: 338-343.

มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง. 2558. โครงการพัฒนาดอยตุง (พื้นที่ทรงงาน) อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง, กรุงเทพฯ.

เยาวเรศ ทับพันธุ์ .2551. การประเมินโครงการตามแนวเศรษฐศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วาสนา พุฒกลาง และชรัตน์ มงคงสวัสดิ์. 2556. การโซนนิ่งพื้นที่เกษตรกรรมสำหรับการผสมผสานหาทางเลือกสำหรับการใช้ที่ดิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน: ประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2556: geoinfotech 2013 25 - 27 ธันวาคม 2556. อิมแพ็ค คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ เมืองทองธานี, นนทบุรี.

สมชัย เบญจชัย. 2556. การเก็บคาร์บอนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากป่าไม้. กลุ่มงานวิชาการสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16, เชียงใหม่.

สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี. 2558. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับการสูญเสียพื้นที่ป่า: ปัญหาและทางออก. สถาบันคลังสมองของชาติร่วมกับสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

สำนักพระราชวัง. 2557. คู่มือการปฏิบัติงานโครงการสร้างป่าสร้างรายได้ตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. สำนักงานโครงการสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน. 2562. ข้อมูลพืชเศรษฐกิจจังหวัดน่าน. แหล่งข้อมูล: http://www.nan.doae.go.th/production/productiondoae.htm. ค้นเมื่อ 30 มกราคม 2562.

สำนักงานจังหวัดน่าน. 2562. ที่ตั้งอาณาเขต. แหล่งข้อมูล: http://www.nan.go.th/webjo/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=22. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2562.

สำนักงานแรงงานจังหวัดน่าน. 2559. รายงานสถานการณ์แรงงานจังหวัดน่าน ไตรมาสที่ 1 ประจำปี พ.ศ. 2559. สำนักงานแรงงานจังหวัดน่าน, น่าน.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 6. 2554. ผลตอบแทนทางการเงินของการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อการส่งออกจังหวัดฉะเชิงเทรา กรณีแบ่งตามความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินสำหรับปลูกมะม่วง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตร, ชลบุรี.

สุเพชร จิรขจรกุล. 2552. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1. บริษัท เอส.อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด, นนทบุรี.

หฤทัย มีนะพันธ์. 2550. หลักการวิเคราะห์โครงการทฤษฎีและวิธีปฏิบัติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2530. คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน (Soil survey laboratory manual). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bandyopadhyay, S., R.K. Jaiswal, V.S. Hegde,

and V. Jayaraman. 2009. Assessment of land suitability potentials for agriculture using a Remote Sensing and GIS based approach. Remote Sens. 30(4): 879-895.

Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

FAO. 1983. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture Soils Bulletin No.52. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand: Department of Land Development. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand.

Molnár, M., E. Vaszita, É. Farkas, É. Ujaczki, I.F. Kertész, M. Tolner, O. Klebercz, C. Kirchkeszner, K. Gruiz, N. Uzinger, and V. Feigl. 2016. Acidic sandy soil improvement with biochar - a microcosm study. Sci. Total Environ. 563-564: 855-865.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual: Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 3.0. United States Department of Agriculture (USDA), Washington D.C, United States.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter: Methods of Soil Analysis Part 3 - Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin, United States.

Pleysier, J. L. 1995. Systematic Sampling. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.

Pratt, P.E. 1965. Method of soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Academic Press, Wisconsin, United States.

Ritung, S., Wahyunto, F. A., and H. Hidayat. 2007. Land suitability evaluation with a case map of Aceh Barat district. Indonesian Soil Research Institute and World Agroforestry Centre, Bogor, Indonesia.

Satienperakul, K. 2013. Economic Value Evaluation of Forest Plantation and Montane Forest Ecosystems for Restoration of Highland Head Watershed in Northern Thailand. Ph. D. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.

Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture (USDA), Washington D.C., United States.

Summer, M.E. and W.P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficient: Method of soil science analysis part 3 chemical methods. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Wisconsin, United States.

Walkley, A. and C. A. Black. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determination Soil organic Matter and a Proposed Modification of the Chrom Acid Titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

Webster, R. 1977. Quantitative and numerical methods in soil classification and survey. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.

Widiatmaka W., Ambarwulan, A. Sutandi, K. Murtilaksono, K. Munibah, and U. Daras. 2015. Suitable and available land for cashew (Anacardium occidentale L.) in the island of lombok, Indonesia. J. Appl. Hortic. 17: 129 - 139.