บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1. การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบระบบวนเกษตร (Agroforesty land use)

วนเกษตร (Agroforesty) คือระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการนำเอาการป่าไม้และการเกษตรมาใช้ร่วมกันในพื้นที่หนึ่ง ๆ ซึ่งอาจจะอยู่ร่วมกันในเวลาเดียวกันหรือต่อเนื่องกันตามเวลาซึ่งการเกษตรนั้นจะรวมถึงการกสิกรรม การปศุสัตว์และการประมง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนตลอดไป โดยสนองต่อความต้องการทางนิเวศวิทยา เศรษฐกิจและสังคม ในระดับที่เหมาะสมต่อสภาพท้องถิ่นนั้น ๆ อย่างไรก็ตามได้มีผู้ให้นิยามของระบบวนเกษตรแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นฐานของแต่ละบุคคล (Wiersum, 1988; Nair, 1989)

ระบบวนเกษตรมักมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามพื้นที่และตามความต้องการของเจ้าของที่ดิน สภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดชนิดของพืชเกษตร พืชป่าและสัตว์เลี้ยง (Nair, 1989) จึงยังผลทำให้องค์ประกอบของระบบแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังแตกต่างกันไปตามความต้องการของตลาด ทั้งนี้เจ้าของที่ดินจะเป็นผู้พิจารณาในการเลือกใช้ว่าควรใช้องค์ประกอบของระบบชนิดใด ลักษณะที่สำคัญของระบบวนเกษตรก็คือ จะต้องเป็นการอนุรักษ์และปรับปรุงสิ่งแวดล้อมไปด้วยในเวลาเดียวกัน (พิทยา 2529)

ได้มีผู้จำแนกประเภทของระบบวนเกษตรไว้แตกต่างกันโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ บางท่านพิจารณาจากองค์ประกอบที่มีชีวิตและผลผลิตที่ได้ เช่น ระบบกสิกรรม-ป่าไม้ (Agri-silvi-culture) ระบบกสิกรรม-ป่าไม้-ปศุสัตว์ (Agrosilvopastoral system) ระบบป่าไม้-ปศุสัตว์ (Silvopastoral system) และระบบป่าไม้-ประมง (Silvo-fishery system) ระบบวนเกษตรอาจจำแนกโดยอาศัยหน้าที่หลักของต้นไม้ เช่น ระบบเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกป่าเพื่อชุมชน บางท่านก็จำแนกโดยอาศัยการกระจายของต้นไม้ป่าในพื้นที่และการปรากฏตามเวลา (Nair, 1989; Wiersum, 1988; บุญวงศ์ 2525)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบวนเกษตรอาจแยกเป็นแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ ระบบดั้งเดิมเป็นระบบที่เกิดขึ้นมาและสืบทอดกันมานานโดยชาวบ้าน เช่นการเลี้ยงวัวในป่า (พรชัย 2533) การทำสวนเมี่ยงในป่าดิบเขา (Watanabe et al., 1990) ระบบแบบใหม่อาจเริ่มจากระบบ Tuangya ซึ่งเป็นการปลูกพืชไร่ในสวนป่าไม้สัก (อำนวย 2528) ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาระบบให้หลากหลายมากขึ้น

บางท่านได้จัดให้การทำไร่เลื่อนลอยเป็นรูปแบบหนึ่งของระบบวนเกษตร (Weaver 1979 อ้างโดย บุญวงศ์ 2525) ด้วยเหตุที่ชาวไร่จะทำการแผ้วถางป่าและปลูกพืชเกษตรเป็นเวลาหลายปี หลังจากนั้นจึงปล่อยให้เกิดการทดแทนของพืชป่าขึ้น แล้วจึงหมุนเวียนมาแผ้วถางเพื่อเพาะปลูกอีกครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการปรากฏของกิจกรรมการเกษตรสลับกับการทดแทนของป่าไม้ตามช่วงเวลา อย่างไรก็ตามถ้าหากพิจารณาถึงสมดุลของธาตุอาหารในระหว่างการเพาะปลูกก็จะเห็นว่าเกิดการเสียสมดุล วนเกษตรจึงไม่ใช่ระบบที่คำนึงถึงกิจกรรมการเกษตรและป่าไม้ในพื้นที่หนึ่งเท่านั้น แต่ความสมดุลของระบบนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ (Wiersum, 1988)

การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบวนเกษตรน่าจะมีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีสภาพวิกฤต และเสื่อมโทรมเป็นอันดับแรก ซึ่งอยู่ตามแนวเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรมกับพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมทั้งในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ตลอดจนมีอัตราการพังทลายของดินสูง (บุญวงศ์ 2525; พิทยา 2529) จึงควรที่จะนำระบบวนเกษตรซึ่งมีขีดความสามารถสูงมาใช้ เช่น วนเกษตรสำหรับพื้นที่แห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้ง พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ในแถบร้อนชื้นที่มีดินเป็นกรด พื้นที่สูงหรือภูเขาในแถบร้อนชื้น พื้นที่ไร่เลื่อนลอยและพื้นที่ป่าที่ถูกราษฎรบุกรุกทั่วไป สำหรับพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงอาจไม่เหมาะกับการนำระบบวนเกษตรมาใช้ โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ใกล้เมืองหรือตลาด ควรใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรที่สามารถให้ผลตอบแทนสูงกว่า อย่างไรก็ตามอาจเป็นไปได้สำหรับระบบวนเกษตรในดินที่อุดมสมบูรณ์ แต่ต้องคำนึงถึงรายได้รวมเพราะการปลูกพืชเกษตรชนิดเดียวจะทำให้มีความเสี่ยงสูงด้านราคาผลผลิต

การเลือกใช้ระบบวนเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพในแต่ละท้องถิ่นนั้นจะต้องคำนึงถึงชนิดของพืชทั้งพืชที่เป็นต้นไม้ป่าและพืชเกษตรที่จะนำมาใช้ในระบบวนเกษตร ซึ่งจะต้องสามารถให้ผลผลิตตามที่ต้องการพร้อมทั้งรักษาสภาพแวดล้อมให้สามารถอำนวยผลผลิตที่มากพอเหมาะ และยั่งยืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตลอดจนจะต้องพิจารณาถึงปฏิกิริยาที่มีต่อกันระหว่างต้นไม้ป่ากับพืชเกษตรว่าสามารถให้ผลตามที่ต้องการได้หรือไม่ (สอาด 2529)

พืชเกษตรที่จะนำมาปลูกในระบบวนเกษตร ควรเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและเป็นที่ต้องการของตลาด สามารถให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอรวดเร็ว ระดับการจัดการที่ใช้ไม่ควรจะยุ่งยากและเป็นที่ยอมรับของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้พอสมควร (สอาด 2529) ที่สำคัญคือจะต้องมีลักษณะที่สามารถอยู่ร่วมกับต้นไม้ป่าในระบบวนเกษตรได้ดี โดยต้องเป็นพืชที่ทนร่มมีระบบรากแผ่กว้างใกล้ผิวดิน ทนต่อโรค แมลง ความแห้งแล้งและสามารถขึ้นได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พร้อมทั้งสามารถปรับปรุงบำรุงรักษาดินและสภาพแวดล้อมด้วย (อำนวย 2528)

การพิจารณาเลือกต้นไม้ป่าที่จะนำมาปลูกในระบบวนเกษตรนั้น จะต้องคำนึงถึงลักษณะหลายอย่างได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชเกษตรและผลผลิตหรือคุณค่าทางเศรษฐกิจของต้นไม้ ลักษณะของพันธุ์ไม้ป่าควรจะเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีภายใต้สภาพท้องถิ่นต่าง ๆ คือสามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ในพื้นที่นั้นเช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพดิน มีความทนทานต่อโรคแมลงและมีการตั้งตัวได้เร็ว การให้ผลผลิตในด้านเนื้อไม้สูงและมีรอบตัดฟันสั้น มีระบบรากลึกและสามารถดูดธาตุอาหารในชั้นดินที่ลึกขึ้นมาหมุนเวียนสู่ผิวดินโดยการร่วงหล่นของซากพืช (พรชัย 2531) มีลักษณะเรือนยอดที่เหมาะสมในการช่วยป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เป็นแนวกันลม ลดความรุนแรงของฝน ช่วยลดความรุนแรงของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ช่วยให้มีสภาพภูมิอากาศภายในระบบ (microclimate) เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน ช่วยในการพัฒนาตัวของดินในทางกายภาพ รักษาความชื้นของดินและอากาศใกล้ผิวดิน ตลอดจนส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเกษตร (เกษม 2522) ช่วยป้องกันการพังทลายของดินและปรับปรุงดิน ใบหรือซากพืชที่ร่วงหล่นสามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว (MacDicken, 1990) ทนทานต่อการริดกิ่งมีอัตราส่วนของเรือนยอดต่อลำต้นต่ำ (อำนวย 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2. ระบบวนเกษตรบนที่สูง (Highland agroforesty)

พื้นที่สูงในภาคเหนือตอนบนมีลักษณะเป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน และเป็นป่าต้นน้ำของแม่น้ำสายสำคัญของประเทศ กำลังประสบกับปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรป่าไม้ ดิน น้ำและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ อันเนื่องมาจากการทำไร่เลื่อนลอย การนำเอาระบบวนเกษตรไปใช้อาจจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยระบบวนเกษตรที่จะนำไปใช้ควรมีคุณสมบัติเฉพาะคือ มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ช่วยลดความรุนแรงของสภาวะบรรยากาศ มีระบบการหมุนเวียนและสมดุลของธาตุอาหารพืชดีและเป็นระบบที่เหมาะสมกับชุมชนบนที่สูง (พรชัย 2531)

ระบบวนเกษตรที่มีไม้ยืนต้นเช่น ไม้ผลกับไม้ป่า อาจเป็นระบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 25-35 % อันเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 3 (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2533) ปกติแล้วป่าไม้บนที่สูงมักเป็นป่าดิบเขาเป็นส่วนใหญ่ มีป่าสนบ้างตามยอดเขาหรือสันเขา การแผ้วถางป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอยมักปฏิบัติกันในเขตป่าดิบเขาเนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงและเป็นเขตชุ่มชื้น (เสวียน 2534) ป่าดิบเขาเป็นป่าต้นน้ำลำธารที่ดีมาก ดังนั้นในการเลือกใช้ระบบวนเกษตรในพื้นที่สูง จึงต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธารด้วย ต้นไม้ป่าที่ใช้ควรเป็นไม้ใบกว้างที่ไม่ผลัดใบเพราะจะช่วยรักษาสภาวะของอุณหภูมิของพื้นที่ต้นน้ำไม่ให้รุนแรงเกินไป พืชเกษตรที่นำมาปลูกควรเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศในที่สูงที่มีอากาศเย็นและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่น กล้วย ถั่วมะแฮะ เป็นต้น (พรชัย 2531) ไม้ผลเมืองหนาวอาจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เช่น บ๊วย ท้อ สาลี่ แอปเปิล เป็นต้น

ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมของระบบวนเกษตรบนที่สูงนั้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงอิทธิพลเชิงระบบให้คล้ายคลึงกับในป่าธรรมชาติดั้งเดิมที่เป็นป่าดิบเขาจะทำให้ทราบถึงศักยภาพเชิงระบบนิเวศน์ของระบบวนเกษตร การเปรียบเทียบที่ดีก็คือการนำเอาความคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบนิเวศน์ของป่าธรรมชาติ (Ecosystem analysis) (Kimmins, 1987) มาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา แต่การศึกษาในด้านนี้ยังมีน้อยมาก การศึกษาถึงระบบนิเวศน์ใด ๆ จะต้องศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างและกลไกเชิงกิจกรรมต่าง ๆ (functions) ของระบบนิเวศน์นั้นซึ่งมักจะแตกต่างกันไปตามชนิดและความสลับซับซ้อนของระบบนิเวศน์ (Odum, 1971)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การวิเคราะห์เชิงนิเวศวิทยาของระบบวนเกษตร

ระบบนิเวศน์ (Ecosystem) คือพื้นที่ใด ๆ ที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทุกชนิด (ได้แก่สังคมสิ่งมีชีวิต) ซึ่งทำปฏิกิริยากับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ยังผลให้เกิดการถ่ายทอดของพลังงานผ่านระดับของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพและการหมุนเวียนของสาร (ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต) (Odum, 1971)

ระบบนิเวศน์หนึ่ง ๆ จึงประกอบไปด้วยสังคมของสิ่งมีชีวิต (Biotic communities) กับปัจจัยแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตหรือปัจจัยทางกายภาพ (Physical environment) ซึ่งอาจจะมีรูปร่างลักษณะ โครงสร้าง ขนาดเนื้อที่เท่าใดก็ตาม อันเป็นที่ซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้แสดงบทบาทหรือกิจกรรมในการดำรงชีวิตร่วมกัน โดยมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เป็นตัวควบคุมและช่วยให้มีการถ่ายทอดพลังงาน (Energy flow) และการหมุนเวียนธาตุอาหาร (Nutrient cycling) เพื่อให้เกิดดุลยภาพในระบบนิเวศน์ (Odum, 1971; Kimmins, 1987)

โครงสร้างของระบบนิเวศน์วนเกษตรมีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างระบบนิเวศน์ป่าธรรมชาติกับระบบนิเวศน์เกษตร โครงสร้างส่วนที่มีชีวิตที่สำคัญประกอบด้วยพืชเกษตรและต้นไม้ป่าต่าง ๆ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ ดิน น้ำ บรรยากาศ อุทกภูมิ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้จะได้รับอิทธิพลอย่างมากจากทั้งพืชเกษตรและพืชป่าที่ขึ้นปกคลุมอยู่ กิจกรรมเชิงหน้าที่ของระบบนิเวศน์ที่สำคัญก็คือการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนของธาตุอาหาร การศึกษาถึงกิจกรรมเชิงหน้าที่ของระบบนิเวศน์ทั้งสองอย่างนี้นับเป็นพื้นฐานสำคัญของการศึกษาด้านนิเวศวิทยา แต่ในการศึกษาถึงการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศน์มีผู้ทำการศึกษากันน้อย เพราะทำการศึกษาได้ยาก ส่วนใหญ่มักมีการศึกษาถึงการหมุนเวียนของธาตุอาหารกันมากกว่า ซึ่งในแต่ละระบบนิเวศน์นั้นจะมีรูปแบบการหมุนเวียนของธาตุอาหารที่แตกต่างกัน การศึกษาถึงปริมาณและอัตราที่ธาตุอาหารเข้าสู่ระบบนิเวศน์ (Inputs) ธาตุอาหารที่หมุนเวียนและสะสมภายในระบบ (Internal cycling) และธาตุอาหารที่ออกไปหรือสูญเสียไปจากระบบ (Outputs) จะทำให้ทราบถึงดุลยภาพของระบบและประเมินถึงสภาวะความยั่งยืนของระบบนิเวศน์นั้น ๆ ได้ (Odum, 1971; Kimmins, 1987; Pritchett and Fisher, 1987)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All right reserved

2.4 การหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศน์วนเกษตร

การหมุนเวียนของธาตุอาหารพืชในระบบนิเวศน์หนึ่ง ๆ ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ คือ การเข้าสู่ระบบ การหมุนเวียนและสะสมภายในระบบ และการออกไปหรือสูญเสียจากระบบ ระบบนิเวศน์ธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีขบวนการต่าง ๆ เหล่านี้เหมือนกัน แต่ปริมาณและอัตราเร็วของการหมุนเวียนของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของระบบมักจะแตกต่างกัน บางขบวนการอาจเกิดขึ้นได้ดีในระบบนิเวศน์หนึ่ง แต่เกิดขึ้นน้อยหรือไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในอีกระบบนิเวศน์หนึ่ง

ก. การเข้าสู่ระบบของธาตุอาหาร (Nutrient inputs)

การหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศน์ เป็นกิจกรรมเชิงหน้าที่ที่ทำให้ระบบนั้นสามารถคงอยู่ได้ด้วยตัวเอง ขณะเดียวกันก็มีการให้ผลผลิตในระดับที่เหมาะสม การเข้าสู่ระบบนิเวศน์ของธาตุอาหารมีอยู่หลายอย่าง ที่สำคัญได้แก่ การเข้ามากับธารากาศ ทั้งที่ละลายมากับน้ำฝนและที่ปลิวมากับฝุ่นละออง การตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศ การผุพังสลายตัวของหินและแร่ การเคลื่อนย้ายมากับสัตว์ที่อพยพเข้ามาและการใส่ปุ๋ย (Brady, 1974)

ปริมาณการเข้าสู่ระบบของธาตุอาหารต่าง ๆจากบรรยากาศนั้นพบว่าแตกต่างกันไปตามพื้นที่ Kimmins (1987) ได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จากยุโรปและอเมริกา พบว่าปริมาณของไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โปแตสเซียม (K), แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่เข้าสู่ระบบผันแปรอยู่ในช่วง 1-14, 0.3-0.9, 0.1-7.7, 2.3-52.1 และ 0.6-19.1 กก./เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ

สำหรับการเข้าสู่ระบบของธาตุอาหารจากการสลายตัวของหินและแร่นั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดของหินและแร่ที่เป็นองค์ประกอบเป็นสำคัญ ธาตุไนโตรเจนมีอยู่ในหินและแร่น้อยมาก ขบวนการนี้จึงไม่ค่อยสำคัญสำหรับธาตุนี้ ส่วนธาตุอื่น ๆ เช่น K, Ca, Mg และ Na นั้นผันแปรแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของหินเป็นสำคัญ Likens et al. (1970) พบว่าใน Hubbard brook forest ที่ New Hamshire มีปริมาณการเข้าสู่ระบบของธาตุทั้งสี่เท่ากับ 7.1, 21.2, 3.5 และ 5.8 กก./เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศในระบบวนเกษตรนั้นจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชนั้น ๆ ไม้ตระกูลถั่วและไม้ตระกูลอื่นหลายชนิดที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ไม้ตระกูลถั่วที่ทราบโดยทั่วไปได้แก่ กระถินยักษ์ แคบ้าน แคฝรั่ง จามจุรี ขี้เหล็กบ้าน ขี้เหล็กอเมริกัน เป็นต้น สำหรับไม้ที่ไม่ใช่ตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้แก่สนทะเล Alnus spp. เป็นต้น (Brady, 1974) สำหรับปริมาณการตรึงไนโตรเจนโดยต้นไม้เหล่านี้ยังไม่ทราบแน่นอนทั้งนี้เพราะศึกษายากและมักมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อายุ สายพันธุ์ของต้นไม้ ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

ข. การหมุนเวียนและการสะสมของธาตุอาหารภายในระบบ

(Internal cycles and accumulation of nutrients)

เมื่อธาตุอาหารเข้าสู่ระบบนิเวศน์ ธาตุอาหารจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆของระบบ ธาตุอาหารบางส่วนจะถูกเก็บสะสมไว้ในระบบ โดยจะสะสมอยู่ในส่วนที่เป็นทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ธาตุอาหารส่วนนี้จัดเป็นแหล่งสำรองของธาตุอาหารที่สำคัญของระบบนิเวศน์ (Jordan, 1985; Kimmins, 1987) ระบบนิเวศน์ที่มีการสะสมของธาตุอาหารสูงมักเป็นระบบนิเวศน์ที่อุดมสมบูรณ์

ธาตุอาหารส่วนหนึ่งจะสะสมในดิน โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุ บางส่วนจะปรากฏอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ธาตุอาหารทั้งสองรูปนี้จะแลกเปลี่ยนกันอยู่เสมอ อัตราการเปลี่ยนแปลงรูปของธาตุอาหารพืชจากรูปที่เป็นสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์นั้นนับว่ามีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของพืชมาก (Jordan, 1985)

ธาตุอาหารที่พืชดูดไปใช้บางส่วนจะสะสมในเนื้อเยื่อของพืช การดูดธาตุอาหารโดยพืชเป็นการเคลื่อนย้ายของธาตุอาหารจากดินเข้าสู่พืช ส่วนที่สะสมในพืชเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะถ้าพืชนั้นมีขนาดใหญ่และมีอายุยืนนาน ซึ่งจะทำให้ธาตุอาหารจำนวนมากถูกสะสมไว้ในส่วนของมวลชีวภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธาตุอาหารบางส่วนจะเคลื่อนย้ายจากส่วนของพืชลงสู่ดิน (recycling)ซึ่งจะช่วยรักษาสมดุลของธาตุอาหารในดินไว้ ขบวนการนี้เป็นขบวนการสำคัญที่ทำให้ดินในป่าธรรมชาติ คงความอุดมสมบูรณ์อยู่เสมอ ขบวนการที่นับว่าสำคัญยิ่งก็คือการร่วงหล่นของซากพืช (Litterfall) และอัตราการย่อยสลายของซากอินทรีย์บนพื้นป่า (Tsutsumi, 1977) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ Litterfall แตกต่างกันไปตามชนิดของป่าไม้ ทรงธรรม (2532) พบว่าป่าดิบแล้งที่ห้วยหินดาดมีมวลชีวภาพของ Litterfall ของส่วนที่อยู่เหนือดินเท่ากับ 9.39 ตัน/เฮกแตร์/ปี โดยมีธาตุ N, P, K, Ca และ Mg เท่ากับ 145.26, 7.42, 68.40, 114.54 และ 29.60 กก./เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ ขณะที่ป่าสนเขา (Thaiutsa et al., 1978) มีมวลชีวภาพเท่ากับ 11.30 ตัน/เฮกแตร์/ปี คิดเป็นปริมาณของธาตุ N, P, K, Ca และ Mg เท่ากับ 64.40, 5.70, 47.60, 28.40 และ 12.50 กก./เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ ในป่าเต็งรังนั้นมีปริมาณมวลชีวภาพของซากพืชที่ร่วงหล่น เท่ากับ 4.70 ตัน/เฮกแตร์/ปี คิดเป็น N, P, K, Ca และ Mg เท่ากับ 120.00, 7.50, 69.10, 91.00 และ 23.80 กก./เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามป่าสนเขาและป่าเต็งรังมักเกิดไฟป่า จึงทำให้ธาตุอาหารที่มากับ Litterfall สูญเสียไปในรูปของก๊าซและขี้เถ้าที่ถูกชะล้างไปโดยง่าย ในระบบวนเกษตรนั้นมักประกอบด้วยต้นไม้อย่างน้อย 1 ชนิด ดังนั้นปริมาณของซากอินทรีย์ที่ร่วงหล่นจะมากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของต้นไม้ แต่ในการหมุนเวียนกลับของธาตุอาหารลงสู่ดินนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพของซากอินทรีย์ที่ร่วงหล่นแล้ว ความเข้มข้นของธาตุอาหารในซากอินทรีย์และความยากง่ายในการย่อยสลายของซากอินทรีย์นั้นก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปริมาณและอัตราการหมุนเวียนกลับของธาตุอาหารลงสู่ดินแตกต่างกัน (ทรงธรรม 2532)

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นนั้นจะแตกต่างกันไปตาม องค์ประกอบชนิดและอายุของพันธุ์ไม้ ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่และฤดูกาล (Bray & Gorham 1964) ในซากใบกระถินยักษ์มีความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ค่อนข้างสูงคือ มีไนโตรเจน 2.2-4.3% ฟอสฟอรัส 0.2-0.4% โปแตสเซียม 1.3-4.0% แคลเซียม 0.8-5.0% และ แมกนีเซียม 1.3-4.0% (Phillippines Council for Agriculture and Resources Research.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1977) ขณะที่ใบยูคาลิปตัสมีความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ต่ำกว่าคือ มีไนโตรเจน 1.24% ฟอสฟอรัส 0.35% โปแตสเซียม 0.58% แคลเซียม 2.50 % (ศุภชัย 2537)

อัตราการย่อยสลายของซากอินทรีย์บนพื้นป่าจะขึ้นอยู่กับ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ องค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของของซากพืช (Thaiutsa & Granger, 1979) ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการสะสมของธาตุอาหารในดิน ทรงธรรม (2532) พบว่าปริมาณการสะสมของซากอินทรีย์บนพื้นป่าในป่าดิบแล้งที่ห้วยหินดาด มีการสะสมของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมเท่ากับ 133.75, 3.84, 16.60, 124.30 และ 13.55 กก./เฮกแตร์ สำหรับในป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังและป่าสนนั้น ปริมาณการสะสมบนพื้นป่าจะน้อยเพราะเกิดไฟป่าในฤดูแล้ง

การสะสมของธาตุอาหารในดินก็มีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของระบบนิเวศน์ ป่าดิบเขาที่จังหวัดเชียงใหม่ มีการสะสมของไนโตรเจนในดินที่ระดับ 0-70 ซม. เท่ากับ 14,841 กก./เฮกแตร์ (วันชัย 2525) ป่าดิบเขาที่ภูกระดึงมีค่าเท่ากับ 6,980 กก./เฮกแตร์ ป่าดิบแล้งที่ภูกระดึง ป่าดิบแล้งที่ปักธงชัย จ.นครราชสีมา และที่ห้วยหินดาดมีปริมาณของไนโตรเจนในดินที่ระดับความลึกเดียวกัน เท่ากับ 6,570, 9,040 และ 5,614 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. (ทรงธรรม 2532) ในระบบวนเกษตรนั้นการสะสมของธาตุอาหารอาจน้อยกว่าในป่าดิบเขาและป่าดิบแล้ง แต่อาจมากกว่าดินในป่าบางชนิด เช่น ป่าเต็งรัง ป่าสน ป่าเบญจพรรณ เป็นต้น ทั้งนี้เพราะในป่าเหล่านี้มีการสูญเสียธาตุอาหารจากการเกิดไฟป่าสูงและการเซาะกร่อนหน้าดินโดยน้ำ

ในระบบนิเวศน์วนเกษตรต้นไม้มีอิทธิพลต่อพืชเกษตรทั้งทางตรงและทางอ้อม การบดบังแสงนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชเกษตร โดยเฉพาะพืชที่ชอบแสงจัด นอกจากนี้การแก่งแย่งธาตุอาหารและน้ำโดยรากพืชก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกต้นไม้ ต้นไม้ที่มีไมคอร์ไรซ่าที่รากนั้นเป็นต้นไม้ที่มีความสามารถขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ที่แห้งแล้งและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในขณะที่ต้นไม้บางชนิดทำให้ดินเป็นเบส ศุภชัย (2537) พบว่าจากการหมักใบไม้ในดินที่มีค่า pH 6.1 ใบกระถินยักษ์ทำให้ดินเป็นเบส โดยทำให้ค่า pH เปลี่ยนเป็น 8.5 ขณะที่ใบยูคาลิปตัสทำให้ดินมีค่า pH เปลี่ยนเป็น 4.2 ในช่วง 1 เดือนของการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมัก การศึกษาในประเด็นนี้น่าจะได้ทำการศึกษากับไม้ชนิดต่าง ๆ ต้นไม้บางชนิดมีสาร tannins และสารอื่น ๆ ที่ทำการยับยั้งขบวนการสร้างไนเตรทในดิน (nitrification) อันเป็นการอนุรักษ์ไนโตรเจนไว้ในดิน (Rice & Pancholy, 1973; Moliesky, อ้างโดย Rice, 1974)

ค. การออกไปจากระบบนิเวศน์ของธาตุอาหาร (Nutrient outputs)

การสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากระบบนิเวศน์วนเกษตรมีอยู่หลายทางได้แก่ การสูญเสียไปกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากพืชป่าและพืชเกษตร การเกิดกษัยการ การชะล้างธาตุอาหารลงไปในดิน การสูญเสียในรูปก๊าซและการอพยพออกไปของสัตว์ อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากระบบวนเกษตรมีอยู่น้อยมาก

การสูญเสียธาตุอาหารจากระบบนิเวศน์ที่ถูกรบกวนมักเกิดขึ้นมาก (Likens et al., 1970; Krause, 1982) โดยจะถูกชะล้างออกสู่ลำธารในรูปของไอออนต่าง ๆ ต้นไม้อย่างเดียวไม่อาจช่วยป้องกันการสูญเสียธาตุอาหารไปกับการเกิดกษัยการของดินได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปกคลุมของเรือนยอดต้นไม้ (Wiersum, 1988) ในระบบตองยาที่ปลูกไม้ซ้อที่ยังมีขนาดเล็กอยู่นั้น การเกิดกษัยการมีความผันแปรอยู่ในช่วง 0.63-17.36 ตัน/เฮกแตร์/ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของธัญญพืช (Wataprateep, 1979 อ้างโดย Wiersum, 1988) สำหรับสวนสักที่ชวานั้นพบว่าสูญเสีย 5.2 ตัน/เฮกแตร์/ปี (Coster, 1938 อ้างโดย Wiersum, 1988)

สำหรับการสูญเสียธาตุอาหารไปกับเนื้อไม้ที่ตัดฟันออกไปจากพื้นที่นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของต้นไม้เป็นสำคัญ (Kimmins, 1987) อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้มีน้อย ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลต่างประเทศ เช่น ไม้ douglas fir อายุ 36 ปี มี N, P, K และ Ca อยู่ในเนื้อไม้เท่ากับ 125, 19, 96 และ 117 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ (Cole et al., 1967) ขณะที่ไม้ oaks อายุ 47 ปี มี N, P, K, Ca และ Mg อยู่ในเนื้อไม้เท่ากับ 151, 11, 118, 173 และ 23 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ (Ovington, 1962) ต้น Loblolly pine อายุ 16 ปี มี N, P, K, Ca และ Mg อยู่ในเนื้อไม้เท่ากับ 115, 15, 89, 112 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

29 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ (Well et al., 1975 อ้างโดย Pritchett. 1987) ส่วนไม้ beech อายุ 37 ปีนั้น Ovington (1962) พบว่ามี N, P, K, Ca และ Mg อยู่ในเนื้อไม้เท่ากับ 128, 16, 94, 79 และ 28 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ

การให้ผลผลิตของพืชเกษตรที่ปลูกในระบบวนเกษตรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดของพืชเกษตรและชนิดของต้นไม้ป่า ในระบบวนเกษตรที่มีการปลูกพืชเกษตรร่วมกับต้นไม้ป่าสองชนิดคือกระถินเทพาและยูคาลิปตัสที่มีอายุ 4 ปี พบว่าในแปลงที่ปลูกพืชไร่ร่วมกับยูคาลิปตัสให้น้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงกว่าในแปลงที่ปลูกร่วมกับกระถินเทพา โดยในแปลงที่ปลูกร่วมกับยูคาลิปตัสมีน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วลิสง ถั่วเขียวและถั่วเหลืองเท่ากับ 12.22, 4.85 และ 6.08 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ในแปลงที่ปลูกร่วมกับกระถินเทพามีปริมาณน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วลิสง ถั่วเขียวและถั่วเหลือง เท่ากับ 9.46, 3.17 และ 4.63 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าต้นไม้ที่นำมาปลูกในระบบวนเกษตรมีอิทธิพลต่อพืชเกษตรแตกต่างกัน (Petmak, 1990) อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชเกษตรที่ปลูกแทรกระหว่างต้นไม้ป่า

2.5. ลักษณะบางประการของต้นกาแฟและต้นไม้ให้ร่ม

กาแฟอะราบิก้า (Coffea arabica) เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ค่อนข้างเย็น เป็นพืชกึ่งเมืองหนาว ไม่ทนต่อสภาพเย็นจัดหรือร้อนจัด ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 15-25 °ซ. ต้องการปริมาณน้ำฝนต่อปี 1,500-2,500 มม. ต้องการช่วงฤดูแล้ง 2-3 เดือน ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วนสีแดงที่มี K สูง มี pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 (1:5; ดิน:น้ำ) (Clarke, 1988) ต้นกาแฟต้องการแสงในระดับที่พอเหมาะหรือมีร่มเงาพอสมควร เนื่องจากการปลูกในที่โล่งนั้นถึงแม้จะมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าปลูกในที่ร่ม แต่การปลูกกาแฟในที่โล่งนั้นต้นกาแฟจะได้รับแสงจัดเกินไปทำให้ใบเกิดความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิสูง ประกอบกับถ้ามีความชื้นในอากาศสูงอาจจะทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคราสนิมได้ง่าย หรืออาจจะทำให้ต้นกาแฟแห้งตายถ้าหากมีสภาพของปุ๋ยและน้ำที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการปลูกกาแฟภายใต้สภาพร่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เงาที่มีการจัดแสงให้พอเหมาะหรือมีการตัดแต่งเรือนยอดของไม้ให้ร่มอยู่เสมอ จะเป็นผลดีต่อการผลิตกาแฟ (กองบรรณาธิการเฉพาะกิจฐานเกษตรกรรม 2530)

กระถินอินโดนีเซีย (Calliandra calothyrsus) เป็นต้นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง ต่อมาได้นำมาปลูกในประเทศอินโดนีเซียเพื่อทำเชื้อเพลิง เนื่องจากเป็นไม้ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว เป็นพืชตระกูลถั่ว ใบมีโปรตีนอยู่สูงถึง 22 % และเนื้อไม้ให้พลังงานสูงถึง 4,500-4,700 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความสูงทั้งหมดประมาณ 8 ม. และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 20 ซม. เป็นไม้ที่สามารถขึ้นได้ในเขตร้อนชื้นที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,800 ม. มีปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,000 มม./ปี ขึ้นได้ดีในดินที่ผ่านการผุพังสลายตัวอย่างรุนแรง มีความอิ่มตัวด้วยด่างต่ำ มีความเป็นกรดเล็กน้อย ดินเนื้อหยาบมีการระบายน้ำดี (MacDicken, 1994)

สนสามใบ (Pinus kesiya) สนสามใบเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีความสูงถึง 35-45 ม. ลำต้นเปลาตรง มีเรือนยอดเป็นพุ่มกลม ขณะอายุยังน้อยเรือนยอดจะเป็นรูปปิรามิด เมื่อโตเต็มที่มีเรือนยอดเป็นรูปร่ม (สุวิทย์ 2516 อ้างโดย สมเกียรติและคณิต 2536) สภาพพื้นที่ในป่าธรรมชาติที่สนสามใบขึ้นอยู่ส่วนใหญ่จะเป็นสันเขา ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,000-1,500 ม. พื้นดินค่อนข้างเป็นทรายจัด เป็นดินร่วนหรือมีกรวดลูกรังปนอยู่มาก ดินตื้น ระบบรากจะแผ่กระจายตามชั้นดิน แต่ถ้าดินลึกการกระจายของรากและรากแก้วจะลึกตามไปด้วย ขึ้นในที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000-2,000 มม./ปี และมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25 °ซ. (สมเกียรติและคณิต 2536)

แอปเปิลป่าหรือหมักขี้หนู (Docynia indica) เป็นไม้ที่ขึ้นในป่าดิบเขา (Hill evergreen forest) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีการเจริญเติบโตรวดเร็วและให้มวลชีวภาพของส่วนที่เป็นกิ่งสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved