ชื่อโครงการการศึกษาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ประเภท (ศึกษาวิจัย/ทดสอบสาธิต)

-

ระยะเวลาดาเนินการ (ปี) ปีที่เริ่มต้น/ สิ้นสุด

-

งบประมาณ (บาท)

-

คณะผู้วิจัย (เรียงชื่อตามลาดับ หัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมวิจัย และที่ปรึกษา)

-

บทคัดย่อ

ฝ่ายศึกษาและพัฒนาป่าไม้ของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ป่าของศูนย์ฯ บริเวณที่มีการศึกษาการฟื้นฟูและพัฒนาป่าเสื่อมโทรมตามแนวพระราชดำริ 4 รูปแบบ คือ รูปแบบของป่าที่มีการรับน้ำฝนตามสภาพธรรมชาติเปรียบเทียบกับป่าที่มีการชลประทานที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การปล่อยน้ำจากท่อซึ่งต่อมาจากอ่างเก็บน้ำแล้วส่งเข้าไปในพื้นที่ป่าเป็นช่วง ๆ หรือการสร้างฝายชะลอน้ำและกักเก็บน้ำตามลำห้วยไว้ในพื้นที่ป่าเพื่อเป็นแหล่งให้ความชุ่มชื้นแก่ป่า หรือวิธีการให้ความชุ่มชื้นที่ผสมผสานระหว่างการส่งน้ำผ่านท่อจากอ่างเก็บน้ำร่วมกับการสร้างฝายชะลอและกักเก็บน้ำไว้ภายในป่าทดลอง ผลการศึกษาพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินของพื้นที่ทดลองที่วิเคราะห์ได้ในปี พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2548 นั้นมีแนวโน้มว่าดินของพื้นที่ทดลองในป่าที่มีการจัดการระบบชลประทานด้วยการสร้างฝายชะลอน้ำมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าในรูปแบบอื่น ๆ และมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปีไม่มากนัก ส่วนดินของพื้นที่ทดลองระบบอื่น ๆ นั้นพบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับค่อนข้างสูงจนถึงสูง

ความเป็นมาและความสาคัญของปัญหา

การสูญเสียดิน

ทรัพยากรดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีการสูญหายตลอดเวลา อัตราการสูญหายของดินเกิดขึ้นสูงกว่าอัตราการเพิ่มของดินเสมอ โดยที่ผลต่างที่เกิดขึ้นนั้นแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการเสื่อมสลายของพื้นที่ สำหรับพื้นที่ป่านั้นการเสื่อมสลายของทรัพยากรธรรมชาติเกิดจากการรบกวนป่าโดยวิธีต่าง ๆ และหนึ่งในทรัพยากรที่เสื่อมสลายคือทรัพยากรดิน การสูญหายของทรัพยากรดินในป่าเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาเช่นเดียวกันกับที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรด้านอื่น ๆ โดยทั่วไปเมื่อเทียบอัตราการสูญหายของดินที่เกิดขึ้นในป่าแห้งและป่าชื้นแล้วการสูญเสียดินในป่าแห้งจะเกิดขึ้นในอัตราที่สูงกว่าในป่าชื้นอยู่มากทีเดียว

การสูญเสียดินในพื้นที่ป่าส่วนใหญ่เป็นการสูญเสียที่เกิดจากการกร่อนของดินหรือการพังทลายของดิน (soil erosion) ซึ่งการกร่อนของดินนี้หมายถึงกระบวนการแตกกระจายและการพัดพาไปของดิน การกร่อนของดินมักจะมีน้ำหรือลมเป็นต้นเหตุสำคัญ เกิดได้แบบค่อยเป็นค่อยไปตามธรรมชาติ หรืออาจจะเกิดจากมนุษย์และสัตว์เป็นตัวเร่ง การกร่อนของดินไม่ว่าจะเกิดโดยวิธีใดก็ตามจะทำให้ดินนั้นสูญเสียหน้าดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน การสูญเสียของดินไปจากที่ใดที่หนึ่งนั้นต้องใช้เวลานานมากกว่าจะมีดินใหม่ขึ้นมาแทนที่ให้เหมือนเดิม

อินทรียวัตถุในดิน

ป่าชื้นเป็นป่าที่มีพืชพรรณเจริญเติบโตหนาแน่น ความชื้นในดินและความชื้นในบรรยากาศของป่าประเภทนี้มีค่อนข้างสูง ผิวดินมีพืชพรรณปกคลุม ดินที่อยู่ระดับใต้ผิวดินลงไปมีรากพืชยึดหนาแน่น ในดินมีอินทรียวัตถุในปริมาณค่อนข้างมากจึงช่วยให้ดินมีโครงสร้างดี เม็ดดินเกาะกันทำให้ดินคงทนต่อการสลาย ส่วนป่าแห้งนั้นอยู่ในสภาพที่ตรงกันข้ามกับป่าชื้น การกร่อนของดินเกิดขึ้นค่อนข้างสูง โครงสร้างของดินไม่ดี ในดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ

อินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฮิวมัส (humus) มีความหมายครอบคลุมตั้งแต่ส่วนของซากพืชหรือซากสัตว์ที่กำลังสลายตัว เซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และส่วนของจุลินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต ไปจนถึงสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายหรือส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ โดยไม่รวมถึงรากพืชหรือเศษซากพืชหรือซากสัตว์ที่ยังไม่ย่อยสลาย ดังนั้นอินทรียวัตถุในดินจึงประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แทบทุกชนิดที่เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ อินทรียวัตถุในดินนี้นับได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของดินที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่าง ๆ ของดิน ทั้งที่เป็นสมบัติทางเคมี ทางฟิสิกส์ และ ทางชีวภาพ ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน รวมถึงการพัฒนาระบบนิเวศของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยตรง

จากการวิเคราะห์สารประกอบส่วนที่เป็นคาร์บอนของอินทรียวัตถุในดินพบว่าโดยทั่วไปประกอบด้วย สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต 10-20 % สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดอะมิโน และ น้ำตาลอะมิโน ประมาณ 20% สารประกอบกรดไขมันประเภทอะลิฟาติก 10-20% และ ส่วนที่เหลือคือ สารประกอบประเภทระเหยได้ ทั้งนี้อินทรียวัตถุในดินแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เป็นสารฮิวมิก (humic substance) กับส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก (non-humic substance)

สารฮิวมิกเป็นส่วนที่มีโครงสร้างซับซ้อนและคงทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โครงสร้างหลักประกอบด้วยสารประกอบประเภทระเหยได้เป็นแกน จึงทำให้สารฮิวมิกสลายตัวได้ยาก บางส่วนของฮิวมิกมีสารประกอบประเภทโปรตีน เพปไทด์ กรดอะมิโน และ โพลีแซกคาไรด์ เข้ามาเกาะในโมเลกุล ในขณะที่ส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิกนั้นเป็นสารประกอบประเภทที่มีโครงสร้างของโมเลกุลไม่ซับซ้อน ย่อยสลายได้ง่ายกว่า เช่น พวกคาร์โบไฮเดรต ไลปิด โปรตีน กรดอะมิโน และ กรดอินทรีย์ เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้ปกติจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายได้โดยง่าย แต่ที่ยังคงพบว่ามีอยู่ในดินในปริมาณค่อนข้างมากนั้นเนื่องจากว่าสารเหล่านั้นส่วนใหญ่เกาะยึดอยู่กับอนุภาคของดิน หรือทำปฏิกิริยากับแคตไอออนของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม หรือ ทองแดง หรือเข้าไปเป็นสารเชื่อมเม็ดดินซึ่งมีผลให้เม็ดดินสลายตัวได้ยากขึ้น

จากการที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าอินทรียวัตถุในดินมีส่วนในการเชื่อมและยึดเม็ดดินให้เกาะกันส่งผลให้ดินทนทานต่อการสลายตัวและทำให้การกร่อนของดินเกิดได้ยากขึ้นนั้น ถ้าหากจะมีการพิจารณาถึงสมบัติโดยทั่วไปของอินทรียวัตถุในดินร่วมไปด้วยแล้วจะทำให้เกิดความเข้าใจในบทบาทของอินทรียวัตถุในแง่ที่

เกี่ยวข้องกับการช่วยปรับโครงสร้างด้านต่าง ๆ ของดิน ซึ่งส่งผลให้ดินมีความทนทานต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการกร่อนของดิน และในแง่ของคุณสมบัติของอินทรียวัตถุที่มีผลในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน

สมบัติของอินทรียวัตถุในดิน

สมบัติโดยทั่วไปของอินทรียวัตถุในดินนั้นกล่าวถึงได้หลายประการ เมื่อดูจากสมบัติทางกายภาพแล้วจะพบว่าอินทรียวัตถุในดินมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจึงมักมีสีคล้ำ ซึ่งสีที่เข้มขึ้นนี้อาจมีส่วนทำให้อุณภูมิโดยรวมของดินสูงขึ้น เนื่องจากดินสีคล้ำดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดีกว่าดินสีจาง อินทรียวัตถุในดินมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก กล่าวได้ว่าเป็น 6-20 เท่า ของน้ำหนัก เนื่องจากอินทรียวัตถุมีสภาพเป็นอณุภาคขนาดเล็กและมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นพิเศษ นอกจากนี้แล้วอณุภาคของอินทรียวัตถุยังประกอบกันเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับน้ำได้ดีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการใส่อินทรียวัตถุลงไปในดินจึงช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินทรายหรือดินเนื้อหยาบได้ดี

ความสามารถในการเชื่อมอณุภาคดินของอินทรียวัตถุนั้นนับได้ว่ามีสูงมาก การเกาะยึดหรือรวมตัวของอินทรียวัตถุกับอณุภาคต่าง ๆ ในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอณุภาคดินเหนียวหรือกับเซลล์จุลินทรีย์นั้นมีประสิทธิภาพสูงยิ่ง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากประจุในส่วนที่แตกต่างกันระหว่างอินทรียวัตถุกับดินเหนียวหรือเกิดจากการยึดเกาะระหว่างประจุลบของอณุภาคทั้งสองโดยมีประจุลบที่มีค่าต่าง ๆ หลาย ๆ ค่ามาเป็นตัวเชื่อมโยง การสร้างสารเชื่อมโยงโดยจุลินทรีย์ทำให้ดินเหนียวเกาะยึดกันเป็นเม็ดดิน ซึ่งเม็ดดินเหล่านี้เป็นหน่วยโครงสร้างย่อยที่อาจจะรวมกลุ่มกันเป็นจำนวนมากก่อให้เกิดโครงสร้างของดินที่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้มากและในขณะเดียวกันก็ช่วยทำให้ดินมีสภาพร่วนซุย มีการซาบซึมน้ำ และ ระบายอากาศได้ดี

ตามปกติแล้วส่วนที่ละลายน้ำได้ของอินทรียวัตถุในดินนั้นมีอยู่น้อยมาก ซึ่งปริมาณที่พบมักจะต่ำกว่า 1% อินทรียวัตถุส่วนใหญ่เป็นพวกที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เซลล์ของจุลินทรีย์ เซลลูโลส ลิกนิน ไคติน สารฮิวมิก และ สารอินทรีย์อื่น ๆ ที่เกาะยึดกับดินเหนียวหรือทำปฏิกิริยากับแคตไอออนซึ่งอยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ ดังนั้นการสูญเสียอินทรียวัตถุในดินโดยการสลายสูญหายไปกับการชะล้างของน้ำจึงเกิดขึ้นเป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับการถูกย่อยสลายไปโดยจุลินทรีย์ดิน

ความสามารถในการดูดซับไอออนของอินทรียวัตถุในดินนั้นสูงมากและโดยทั่วไปจะสูงกว่าการดูดซับไอออนโดยสารคอลลอยด์อื่น ๆ คือสูงกว่าเป็น 2-30 เท่า และในดินทั่วไปปริมาณของแคตไอออนที่ถูกดูดซับโดยอินทรียวัตถุในดินอยู่ในช่วง 30-90% ของปริมาณดินที่ดูดซับได้ทั้งหมด ทั้งนี้ความสามารถในการดูดซับดังกล่าวมาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในอินทรียวัตถุ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการแตกตัวของสารประกอบบางกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารในกลุ่มคาร์บอกซิลิก และ กลุ่มฟีโนลิก นอกจากความสามารถในการดูดซับแคตไอออนแล้วโมเลกุลของอินทรียวัตถุในดินยังมีประจุบวกอยู่เป็นบางส่วน ทำให้สามารถดูดซับแอนไอออนได้ด้วย ประจุบวกดังกล่าวนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการเติมโปรตอนของสารประกอบกลุ่มอะมีนบนอณุภาคของอินทรียวัตถุ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากความสามารถในการดูดซับประจุของอินทรียวัตถุในดินดังกล่าวนี้มีความสำคัญมากในการป้องกันไม่ให้ธาตุอาหารพืชถูกละลายสูญหายไปกับน้ำได้โดยง่าย

ผลที่เกิดจากการที่อินทรียวัตถุในดินมีประจุลบเป็นจำนวนมากและสามารถดูดซับประจุแคตไอออนได้สูงนั้นมีส่วนทำให้ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ดี ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจึงมีความสามารถในตัวเองในการช่วยปรับ pH ไม่ให้เป็นกรดหรือเป็นด่างมากจนเกินไป ไม่ว่าจะมีการเพิ่มสารประกอบที่มีสมบัติเป็นกรดหรือเป็นด่างก็ตามลงไปในดินนั้น ซึ่งการ

ปรับให้ pH เป็นกลางนั้นจะเกิดขึ้นทันทีเมื่อมีการเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างให้กับดินนั้น ดังนั้นโอกาสที่กรดหรือด่างจะสะสมในสารละลายดินจึงมีน้อยมากถ้าดินนั้นมีอินทรียวัตถุสะสมอยู่ในประมาณที่เหมาะสม

การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินและจุลินทรีย์ดิน

ดินที่มีอินทรียวัตถุจะมีจุลินทรีย์ดินคอยย่อยสลายอินทรียวัตถุและทำให้ดินนั้นปลดปล่อยธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ออกมา โดยเฉพาะ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ กำมะถัน นอกจากนี้แล้วการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินยังมีผลทางอ้อมอีกด้วย เนื่องจากกรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอนิคที่เกิดขึ้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ดินนั้นสามารถช่วยสลายสารประกอบของธาตุอาหารบางชนิดให้เป็นประโยชน์ต่อพืช และอีกประการหนึ่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุทำให้เกิดสารคีเลตซึ่งสารนี้เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยเช่นกัน

สารอินทรีย์เป็นแหล่งอาหารหรือแหล่งพลังงานสำคัญที่สุดสำหรับจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในดิน ดังนั้นปริมาณและคุณภาพของสารอินทรีย์จึงมีผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์เหล่านั้นโดยตรง เช่น การตรึงไนโตรเจน การรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นกาซไนตรัสออกไซด์หรือกาซไนโตรเจน และการเกิดกาซมีเทน เป็นต้น การที่ดินมีอินทรียวัตถุในปริมาณที่พอเพียงจะช่วยให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินมีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมีผลกระทบต่อการแปรสภาพของธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดิน

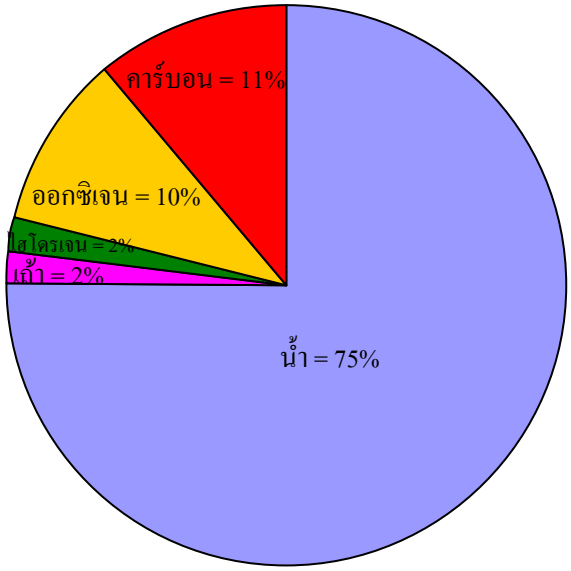
การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินเกิดขึ้นเมื่อมีเศษซากของสิ่งมีชีวิตที่ตายไปแล้วทับถมกันลงไปบนผิวดินหรือถูกผสมคลุกเคล้าลงไปในดิน ซากของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นจะถูกสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ กัดกินหรือย่อยสลายไปเป็นอาหาร สัตว์ขนาดใหญ่ เช่น แมลง กิ้งกือ ไส้เดือน กัดกินซากดังกล่าวแล้วย่อยให้มีขนาดเล็กลง ในขณะที่จุลินทรีย์ดินที่มีอยู่ทั่วไปเข้าสลายและแปรสภาพสารอินทรีย์จากซากดังกล่าวให้เป็นอาหารด้วยการขับเอนไซม์ออกมานอกเซลล์แล้วย่อยอินทรีย์สารให้มีขนาดเล็กลงจนสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เหล่านั้นได้ จากนั้นจึงนำเอาสารที่ย่อยได้ไปใช้เป็นแหล่งพลังงานหรือเป็นสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของเซลล์ต่อไป การย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิตทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กรวมทั้งโดยจุลินทรีย์ดินทำให้สารประกอบของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ สูญสลายไป

ในขณะที่มีการย่อยสลายของอินทรียวัตถุถ้าหากในดินมีการถ่ายเทอากาศดีจะทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นค่อนข้างสมบูรณ์ สารประกอบต่าง ๆ จะแปรสภาพไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และ ธาตุต่างๆ ในขณะที่บางส่วนถูกเปลี่ยนเข้าไปเป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นบางชนิด อีกส่วนหนึ่งแปรสภาพไปเป็นสารฮิวมิกซึ่งเป็นสารประกอบที่คงทนต่อการสลายตัวและคงตกค้างอยู่ในดิน แต่ตามความเป็นจริงแล้วการสลายตัวที่เกิดขึ้นในดินจริง ๆ นั้นมักจะเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ เพราะปริมาณของออกซิเจนมีไม่เพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินมีความชื้นสูงหรือดินมีน้ำขัง ซึ่งในสภาพดังกล่าวนี้จะเกิดสารประกอบที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์ส่วนหนึ่งให้คงเหลืออยู่ในดินด้วย

แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุในดินตามธรรมชาติมาจากพืชเป็นส่วนใหญ่ การสลายตัวของเศษซากพืช ซากสัตว์ หรือ ซากจุลินทรีย์ มีรูปแบบของการสลายตัวใกล้เคียงกับพืช เพียงแต่มีสารประกอบที่ย่อยสลายได้ง่ายอยู่ในปริมาณที่มากกว่า และไม่มีผนังเซลล์แบบพืชซึ่งมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน เป็นองค์ประกอบสำคัญ

อัตราการสลายตัวของเศษซากพืชมีปัจจัยหลายอย่างควบคุม เช่น ธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ในพืช อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด (C/N ratio) ของเศษพืช ตลอดจนสภาพแวดล้อมขณะเกิดการสลายตัว อันได้แก่ การถ่ายเทของอากาศในดิน ระดับความชื้น อุณหภูมิ และ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

สำหรับธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ในพืชนั้นเมื่อพิจารณาจากส่วนประกอบของพืชแล้วจะพบว่าพืชประกอบด้วย น้ำ สารอินทรีย์ และ สารอนินทรีย์ ส่วนประกอบที่เป็นน้ำอยู่ระหว่าง 50-95% โดยขึ้นอยู่กับธรรมชาติและอายุของพืชนั้น ๆ พืชสีเขียวที่ยังสดอยู่มีน้ำเป็นส่วนประกอบโดยเฉลี่ยถึง 75% สำหรับส่วนที่ไม่ใช่น้ำนั้นจากการวิเคราะห์พบว่าเป็นคาร์บอน 11% ออกซิเจน 10% ไฮโดรเจน 2% และเถ้า 2% ดังแสดงในภาพที่ 1 และเมื่อวิเคราะห์ถึงรูปแบบของสารประกอบอินทรีย์ พบว่าพืชโดยทั่วไปประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์มากมายหลายชนิดในปริมาณที่แตกต่างกันดังเห็นได้จากตารางที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงส่วนประกอบของชิ้นส่วนของพืชสีเขียวที่ยังสด

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ในพืช

สารประกอบ		เปอร์เซ็นต์
คาร์โบไฮเดรต	น้ำตาลและแป้ง	1-5
	เฮมิเซลลูโลส	10-28
	เซลลูโลส	20-50
ไขมัน ขี้ผึ้ง แทนนิน ฯ		1-8
ลิกนิน		10-30
โปรตีน	โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และโปรตีนหยาบ	1-15

การย่อยสลายอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ดิน

สารประกอบที่มีมากที่สุดในพืชได้แก่เซลลูโลส รองลงมาคือเฮมิเซลลูโลส ลิกนิน โปรตีน แป้ง และ น้ำตาล ตามลำดับ จุลินทรีย์มีความสามารถในการย่อยสลายสารประกอบเหล่านี้ได้ยากหรือง่ายแตกต่างกันไป สำหรับน้ำตาล กรดอะมิโน และ กรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้มักจะเป็นส่วนที่จุลินทรีย์ไม่ต้องย่อยสลายและสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ส่วนแป้งหรือโปรตีนนั้นจุลินทรีย์จะต้องย่อยสลายสารประกอบเหล่านี้ให้เป็นน้ำตาลหรือกรดอะมิโนก่อนจึงจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบทั้งสองอย่างนี้ก็ยังจัดว่าเป็นสารประกอบที่ย่อยสลายได้ง่ายเช่นกัน จึงเป็นสารชุดที่จุลินทรีย์ย่อยได้ก่อนแล้วใช้เป็นแหล่งอาหารสำคัญเพื่อช่วยให้ประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ๆ ของการย่อยสลายสารอินทรีย์ สำหรับเฮมิเซลลูโลสนั้นสารประกอบนี้มีสมบัติเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลเฮกโซส น้ำตาลเพ็นโทส และ กรดยูโรนิกตามโครงสร้างแล้วเฮมิเซลลูโลสย่อยสลายได้ง่าย แต่ในธรรมชาติสารนี้มักจะเกาะกันกับสารอื่นเกิดแล้วเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น เซลลูโลส หรือ ลิกนิน จึงทำให้เฮมิเซลลูโลสนั้นย่อยสลายได้ยากกว่า ส่วนเซลลูโลสซึ่งเป็นสารที่พบมากที่สุดในพืช ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเช่นเดียวกับแป้ง แต่มีโครงสร้างที่แข็งแรงและย่อยสลายได้ยาก สำหรับลิกนินพบว่ามีอยู่ในพืช 10-30% เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างของโมเลกุลที่ซับซ้อน การที่ลิกนินมีสมบัติในการย่อยสลายได้ยากประกอบกับการที่มีอยู่เป็นจำนวนค่อนข้างมากในพืชจึงทำให้ปริมาณลิกนินในพืชชนิดต่าง ๆ เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะกำหนดว่าเศษพืชเหล่านั้นจะสลายได้ยากหรือง่าย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นการสะสมของลิกนินภายในต้นพืชก็จะมากขึ้นด้วยและมีผลให้เศษที่ได้จากต้นพืชที่มีอายุมากนั้นสลายตัวยากขึ้นไปอีก

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้นนอกจากจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้แล้ว จุลินทรีย์ยังต้องนำเอาธาตุจากสารอินทรีย์ดังกล่าวไปใช้ในการสร้างสารประกอบต่าง ๆ ของเซลล์อีกด้วย โดยเฉพาะคาร์บอนซึ่งต้องนำมาใช้สังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ นอกจากนี้ยังต้องใช้ไนโตรเจนมาสร้างองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน และ กรดนิวคลีอิก ซึ่งมีอยู่มากมายในเซลล์จุลินทรีย์ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนที่อยู่ในสารอินทรีย์จึงมักจะเป็นปัจจัยที่ชี้ว่าการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหล่านั้นจะมีไนโตรเจนเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์และทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนที่จัดว่าเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 20/1 ถึง 30/1 แต่ถ้าเศษพืชมีอัตราส่วนดังกล่าวสูงหรือกว้างกว่า 30/1 ขึ้นไปกลับจะไม่เกิดประโยชน์ เนื่องจากว่าการที่มีคาร์บอนมากในขณะที่ไนโตรเจนมีในปริมาณที่จำกัดมีผลให้การย่อยสลายเศษพืชไม่เกิดได้เร็วเท่าที่ควรทำให้จุลินทรีย์ต้องไปดึงเอาไนโตรเจนในดินซึ่งอยู่ในรูปของแอมโมเนียมหรือไนเตรทและเป็นสารอนินทรีย์มาใช้ในการสร้างเป็นองค์ประกอบของเซลล์ ทำให้ไนโตรเจนในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดปริมาณลง ในทางกลับกันถ้าหากเศษพืชมีไนโตรเจนมากจะทำให้อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนแคบลง ดังเช่นที่พบในพืชตระกูลถั่ว โดยที่อาจจะมีอัตราส่วนแคบถึง 20/1 ก็จะทำให้มีไนโตรเจนเหลือมากพอที่จะปลดปล่อยออกมาสู่สภาพแวดล้อมในรูปของแอมโนเนียมได้

โดยทั่วไปแล้วประมาณ 2/3 ของสารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกออกซิไดส์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์ ที่เหลืออีก 1/3 จึงเป็นส่วนที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้นในการย่อยสลายของสารอินทรีย์ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในเศษพืชจึงลดลงเรื่อย ๆ ตามอัตราการสลายตัวของเศษพืชแล้วมาอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่ที่ 12/1 ถึง 10/1 ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของของเซลล์จุลินทรีย์และของอินทรียวัตถุในดิน ตามลำดับ

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ดิน

ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ดินไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับปริมาณหรือคุณภาพของสารอินทรีย์เท่านั้น สภาพแวดล้อมนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่มีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราความเร็วของการย่อยสลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพของการระบายอากาศหรือปริมาณของออกซิเจนในดินซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์ในดิน ในขณะเดียวกันปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากัน อันได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินก็มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในดินเช่นกัน

ด้วยเหตุที่กระบวนการหายใจโดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพที่สุดของจุลินทรีย์ดินดังนั้นสภาพของการระบายอากาศในดินจึงมีผลโดยตรงต่อกิจกรรมการย่อยสลายเศษพืชของจุลินทรีย์เหล่านั้น การย่อยเกิดขึ้นได้รวดเร็วในสภาพที่มีออกซิเจน และการย่อยสลายดังกล่าวเกิดขึ้นค่อนข้างสมบูรณ์และสลายจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในที่สุด จุลินทรีย์ดินกลุ่มหลักในการทำให้เกิดการแปรสภาพในลักษณะนี้เป็นจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ เชื้อรา และ แอคทิโนมัยซีท ในดินที่มีเนื้อหยาบหรือดินที่มีการไถพรวนบ่อย มีการระบายอากาศดี อัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้เร็ว มีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำ และในทางกลับกันดินที่อยู่ในสภาพขาดอากาศหรือมีน้ำท่วมขังนั้นการสลายตัวของสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้น้อยและไม่สมบูรณ์ สารที่เกิดขึ้นมักจะเป็นกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และ สารอื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น อะมีน อัลดีไฮด์ คีโตน พร้อมทั้งเกิดกาซต่าง ๆ อีกมากมาย ส่วนจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่ทำให้เกิดการแปรสภาพของสารอินทรีย์แล้วเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือแม้แต่มีเทนนั้นเป็นแบคทีเรียพวกที่ไม่ต้องการอากาศ ส่วนเชื้อราและแอคทิโนมัยซีทจะชงักการเจริญเติบโตเมื่อมีออกซิเจนในดินต่ำ

น้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ มีอิทธิพลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ย่อยสารอินทรีย์ เป็นตัวทำละลายสารประกอบของธาตุอาหารต่าง ๆ ตลอดจนเป็นที่อยู่อาศัยและช่วยในการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการถ่ายเทอากาศในดินอีกด้วย ดังนั้นระดับของความชื้นในดินจึงมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในดิน ระดับความชื้นที่พอเหมาะต่อการย่อยสลายอยู่ระหว่าง -0.01 ถึง -0.05 เมกะพาสคาล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทนสภาพแห้งแล้งของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องและอัตราการทำงานของเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์เหล่านั้น ทั้งนี้ในดินที่มีสภาพของความชื้นค่อนข้างต่ำนั้นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลายอินทรียวัตถุมักจะเป็นเชื้อราและแอคทิโนมัยซีทซึ่งส่วนใหญ่ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย

กระบวนการทางเคมี ฟิสิกส์ และ กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ควบคุมทั้งสิ้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลในการเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 25-35 –ซ ซึ่งเป็นช่วงที่นับได้ว่าเหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงเป็นเหตุผลที่ว่าดินในเขตร้อนชื้นของประเทศไทยมีอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับประเทศในเขตหนาวหรือเขตอบอุ่น

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินอีกปัจจัยหนึ่งคือความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยที่การสลายตัวเกิดขึ้นในดินที่มีสภาพเป็นกลางได้รวดเร็วกว่าดินที่มีสภาพเป็นกรดเกินไปหรือเป็นด่างเกินไป ดินที่เป็นกรดจัดหรือเป็นด่างจัดจึงแสดงผลในทางยับยั้ง ในดินที่เป็นกรดค่อนข้างมาก เช่น มี pH เท่ากับ 5.5 หรือต่ำกว่าจะพบว่ากิจกรรมของแบคทีเรียและแอคทิโนมัยซีทลดลงมากในขณะที่เชื้อรายังคงทนอยู่ได้ ทำให้การย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดินที่มีสภาพดังกล่าวเกิดจากเชื้อราเสียเป็นส่วนใหญ่

การย่อยสลายของเศษซากพืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เกิดขึ้นได้รวดเร็วในช่วงแรกหลังจากนั้นอัตราการย่อยสลายจะลดลง ช้าลงเรื่อย ๆ เนื่องจากสารอินทรีย์ได้กลายสภาพไปเป็นสารฮิวมิกซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนและสลายตัวได้ยากดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น แต่ก็ยังคงมีการสลายตัวต่อไปอีกจนในที่สุดกลายสภาพไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

สารฮิวมิกเป็นส่วนของอินทรียวัตถุในดินที่ทำปฏิกิริยาได้ดีในธรรมชาติ สารนี้เกาะยึดอยู่กับเซลล์จุลินทรีย์หรืออนุภาคของสารอนินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ดูดซับอยู่กับอณุภาคดินเหนียว หรือเกาะยึดกับสารประกอบพวกไฮดรัสออกไซด์ เป็นต้น การแปรสภาพของสารอินทรีย์ไปเป็นสารฮิวมิกเป็นกระบวนการที่มีหลายขั้นตอนและเกิดได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารอินทรีย์ สภาพแวดล้อม และจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง

ความสัมพันธ์ของอินทรียวัตถุในดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

อินทรียวัตถุในดินมีความสำคัญในแง่ของการบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละแห่งดังที่กล่าวแล้ว แต่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแต่ละแห่งนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังที่เห็นได้จากดินในเขตทุ่งหญ้าซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีระดับของอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าดินในเขตของพื้นที่ป่าเนื่องจากว่าในทุ่งหญ้ามีปริมาณของเศษซากพืชคลุกเคล้าลงไปในดินในปริมาณที่มากกว่า ดินที่ใช้สำหรับการเพาะปลูกมาเป็นเวลานานจะมีอินทรียวัตถุในระดับต่ำ เพราะการปฏิบัติหลาย ๆ อย่างในการทำการเกษตรมีผลในการลดปริมาณเศษพืชที่จะลงไปสู่ดิน และการปฏิบัติบางอย่างมีส่วนในการเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน เป็นต้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ามีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน โดยที่ปัจจัยที่มีความสำคัญได้แก่ ชนิดและปริมาณของพืชที่ปกคลุมพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ สมบัติของดิน และ ระบบการเกษตรในพื้นที่แต่ละแห่ง

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการผลิตชีวมวล (biomass)ได้แตกต่างกัน พืชพรรณบางชนิดเจริญเติบโตได้หนาแน่นจึงสร้างชีวมวลได้มาก มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตปกคลุมพื้นดินได้นาน เช่น พืชพรรณในทุ่งหญ้า พืชพรรณเหล่านี้มีระบบรากฝอยที่หนาแน่นและมีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ออกมาจากเศษซากของรากซึ่งอยู่ในดินได้มาก รวมทั้งมีการร่วงหล่นทับถมของใบและต้นลงสู่ดินตลอดช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืชเหล่านั้น ส่งผลให้ดินทุ่งหญ้ามีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชทางการเกษตร นอกจากพืชพรรณต่างชนิดกันจะมีปริมาณของชีวมวลที่แตกต่างกัน เศษซากของพืชต่างชนิดเหล่านั้นก็จะเป็นเศษซากพืชที่มีคุณภาพแตกต่างกันไปด้วย เศษซากเหล่านี้จะถูกย่อยสลายได้เร็วหรือช้าไม่เท่ากัน ทั้งยังแปรสภาพเป็นสารฮิวมิกได้ในปริมาณที่ไม่เท่ากันอีกด้วย

สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณของฝน ตลอดจนการกระจายของฝน มีผลต่อชนิดและความหนาแน่นของพืชพรรณ มีผลต่อความเร็วหรือช้าของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน พื้นที่ที่มีฝนมากและฝนกระจายดีจะมีพืชพรรณเจริญเติบโตงอกงามส่งผลให้ผืนดินนั้น ๆ มีสารอินทรีย์ทับถมและคลุกเคล้าอยู่ในดินในปริมาณมาก แต่อย่างไรก็ตามการคาดเดาถึงปริมาณของอินทรียวัตถุในดินไม่สามารถจะอาศัยการประมาณจากปริมาณฝนแต่เพียงอย่างเดียวจะต้องคำนึงถึงระดับของอุณหภูมิในพื้นที่อีกด้วยเนื่องจากอุณหภูมิในระดับสูงจะเร่งให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินให้เกิดเร็วขึ้นและเกิดในอัตราที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ในแง่ของสมบัติของดิน เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็มของดิน และอื่น ๆ พบว่ามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินด้วยเช่นกัน ดินที่มีสมบัติดี เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณจะช่วยให้เกิดการสร้างชีวมวลในปริมาณมาก มีผลให้ดินมีปริมาณของสารอินทรีย์เพิ่มเติมลงไปในดินในแต่ละปีได้มาก แต่ในขณะเดียวกันสมบัติของดินก็มีผลโดยตรงต่อการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดินด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะเนื้อดินซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดสภาพของการระบายอากาศของดิน กล่าวคือ ดินเนื้อหยาบซึ่งมีการถ่ายเทอากาศดีนั้นจุลินทรีย์ในดินที่มีลักษณะเช่นนี้ย่อมย่อยสลายอินทรียวัตถุได้รวดเร็วกว่าการย่อยสลายในดินเนื้อละเอียดซึ่งมีการระบายอากาศที่ไม่ดีนักและการย่อยสลายอินทรียวัตถุเกิดขึ้นได้ไม่มาก ประกอบกับดินเนื้อละเอียดนั้นสามารถเก็บรักษาน้ำและแร่ธาตุอาหารไว้ได้มากกว่าดินเนื้อหยาบจึงช่วยให้ต้นพืชเจริญเติบโตได้ดี และมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าดินเนื้อหยาบ

ระบบการเกษตรหรือวิธีการเพาะปลูกพืชมีผลต่อระดับอินทรียวัตถุในดิน โดยที่การเพาะปลูกมักจะทำให้ระดับของอินทรียวัตถุในดินลดลงไปจากเดิม คือสารอินทรีย์จะกลับลงไปสู่ดินในปริมาณที่น้อยกว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปจากดิน กระบวนการทางการเกษตรต่าง ๆ ที่ทำให้มีเศษซากพืชกลับลงไปสู่ดินในปริมาณน้อย ดังเช่น การปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่า การกำจัดวัชพืชออกไปจากพื้นที่ การปลูกพืชซึ่งมีความแน่นน้อยกว่าพืชธรรมชาติที่เคยปกคลุมดิน การปลูกพืชชนิดที่มีสัดส่วนของรากอยู่น้อยเมื่อเทียบกับพืชธรรมชาติที่เคยขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ การนำเอาเศษซากพืชรวมทั้งผลผลิตออกจากพื้นที่ การปฏิบัติในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีส่วนในการเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน เช่น การไถพรวน การให้น้ำชลประทานในระบบที่ทำให้ดินเปียกและแห้งสลับกัน ตลอดจนการเปิดหน้าดินทิ้งไว้โดยไม่มีพืชปกคลุมอันเป็นการทำให้อุณหภูมิในดินสูงขึ้น เป็นต้น การดำเนินการดังกล่าวมานี้ทำให้อินทรียวัตถุในดินที่เคยมีในปริมาณมากมาตั้งแต่การเปิดป่าเพื่อใช้ประโยชน์นั้นลดปริมาณลงไปเรื่อย ๆ โดยที่แม้ว่าจะมีการนำเอาสารอินทรีย์ใส่ลงไปในดินเพิ่มเติมเป็นช่วง ๆ ก็ตาม แต่ปริมาณของอินทรียวัตถุก็จะไม่เพิ่มมากขึ้นเท่าที่เคยมี

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของอินทรียวัตถุที่กล่าวถึงแล้วนั้นเป็นตัวกำหนดหลักเกี่ยวกับปริมาณและระดับของอินทรียวัตถุของดินในระบบนิเวศแต่ละแห่ง ซึ่งปกติจะอยู่ในสภาพค่อนข้างสมดุลระหว่างการเพิ่มเติมและการสูญสลายของสารอินทรีย์ในดิน ดังนั้นการเปลี่ยนระบบนิเวศของดินจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งจึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนระดับสมดุลของอินทรียวัตถุในดินตามไปด้วย ตัวอย่างเช่น การแปรสภาพดินในเขตทุ่งหญ้าหรือดินในเขตป่าไม้ที่มีอินทรียวัตถุในดินอยู่มากไปเป็นพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกจะมีผลให้ระดับอินทรียวัตถุในดินเปลี่ยนไปโดยมีปริมาณลดลงเนื่องจากระบบนิเวศใหม่มีการเพิ่มเติมเศษซากพืชลงไปในดินน้อยลงในขณะที่มีอัตราการย่อยสลายสูงขึ้น ซึ่งในระยะแรกของการเปลี่ยนแปลงของนิเวศดังกล่าวระดับอินทรียวัตถุในดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว และธาตุอาหารที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะมีมาก หลังจากนั้นอัตราการลดจะช้าลงเรื่อย ๆ ซึ่งช่วงนี้ใช้ระยะเวลานานมากเพื่อปรับเข้าสู่สมดุลใหม่ อัตราของการลดลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าและระดับอินทรียวัตถุในดินจะอยู่ในระดับใดในสมดุลใหม่นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ทั้งหลายทั้งปวงที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของอินทรียวัตถุในดินดังกล่าวมาแล้วนั่นเอง หากไม่มีวิธีการจัดการที่เหมาะสมเกี่ยวกับอินทรียวัตถุในดินแล้วการลดปริมาณลงของอินทรียวัตถุจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ระดับปริมาณในสมดุลใหม่ก็จะอยู่ในระดับต่ำ เป็นเหตุให้ทรัพยากรดินอยู่ในภาวะเสื่อมโทรมได้ง่าย

วิธีการวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน

การวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดินทำได้โดยการเก็บตัวอย่างดินที่ต้องการทราบปริมาณอินทรียวัตถุแล้วนำดินเหล่านั้นไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการนี้จะได้ข้อมูลของปริมาณอินทรียวัตถุในดินเป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนอินทรีย์ เปอร์เซ็นต์คาร์บอนอินทรีย์ที่ออกซิไดส์ได้ และ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอินทรียวัตถุ(ต่อน้ำหนักดิน) การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการดังกล่าวนี้เป็นการวิเคราะห์ที่ละเอียดและใช้เวลา แต่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่แยกส่วนได้ดังกล่าวไปแล้วนั้น แต่ถ้าต้องการจะวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแบบที่ไม่ละเอียดนักและใช้เวลาไม่มากสามารถจะทำได้โดยการเก็บตัวอย่างดินจากจุดที่ต้องการหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน นำดินเหล่านั้นไปผึ่งให้แห้ง บดดินแล้วร่อนผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร นำไปชั่งให้ได้ปริมาณ 10 กรัม แล้วใส่ดินนั้นลงในกระป๋อง เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไป 30 เปอร์เซ็นต์ นำไปเผาในตู้ที่มีอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้อินทรียวัตถุในดินของตัวอย่างดินนั้นถูกเผาจนหมด จากนั้นนำดินไปทำให้เย็นลงในโถสูญญากาศ นำไปชั่งหาน้ำหนักที่หายไป ซึ่งน้ำหนักที่หายไปนี้ถือว่าเป็นน้ำหนักโดยประมาณของอินทรียวัตถุในตัวอย่างดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดินสามารถนำไปประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ณ. จุดที่เก็บตัวอย่างได้ ตามวิธีการแบ่งชั้นความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งเสนอไว้โดย DLD/FAO (1973) ในคู่มือการแปลผลปฏิบัติการความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความอุดมสมบูรณ์ของดินแบ่งตามปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)	ระดับความอุดมสมบูรณ์
3.5	สูง
2.6 - 3.5	ค่อนข้างสูง
1.6 - 2.5	ปานกลาง
1.1 - 1.5	ค่อนข้างต่ำ
< 1.0	ต่ำ

แนวคิดในการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ป่าที่ผ่านการฟื้นฟูและพัฒนาตามแนวพระราชดำริ

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริได้ดำเนินการฟื้นฟูและพัฒนาป่าไม้โดยใช้ระบบชลประทานตามแนวพระราชดำริอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลาเกือบ 20 ปี การศึกษาดังกล่าวได้กำหนดสมมติฐานในการศึกษาทดลองไว้ว่า การเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับป่าด้วยการชลประทานจะช่วยให้ป่าที่เสื่อมโทรมไปได้ฟื้นสภาพกลับคืนสู่ความอุดมสมบูรณ์ และเมื่อป่าเหล่านี้ได้รับการปกป้องจากการรบกวนก็จะช่วยให้ป่าพัฒนาเป็นป่าที่อุดมสมบูรณ์ยิ่งขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป การศึกษาทดลองนี้กระทำกับป่าเต็งรังเสื่อมโทรมภายในศูนย์ ฯ โดยที่บางส่วนของป่าเป็นพื้นที่เชื่อมระหว่างป่าเต็งรังกับป่าผสมผลัดใบ พื้นที่ป่า 4 ผืนได้รับการคัดเลือกเพื่อเป็นตัวแทนเหมือนกับเป็นแปลงทดลองเพื่อศึกษาผลของการชลประทานป่าในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งรูปแบบของการศึกษามี 4 รูปแบบ เป็นรูปแบบของการชลประทานป่า 3 รูปแบบและอีกหนึ่งรูปแบบเป็นป่าธรรมชาติ โดยมีกรรมวิธีการศึกษาในรายละเอียด คือ 1) รูปแบบของการชลประทานป่าโดยการส่งน้ำไปตามท่อน้ำจากแหล่งกักเก็บน้ำของศูนย์ ฯ เข้าไปในป่าซึ่งเป็นพื้นที่ทดลองโดยจัดวางท่อน้ำให้กระจายไปใน

พื้นที่แล้วส่งน้ำจากปลายท่อลงสู่ลำห้วยธรรมชาติในพื้นที่ ด้วยวิธีนี้ป่าทดลองจึงได้รับน้ำชลประทานจากลำห้วยเป็นระยะ ๆ อย่างสม่ำเสมอในช่วงที่ขาดฝน พื้นดินของป่าบริเวณที่อยู่ติดกับลำห้วยจะซึมซับน้ำจากลำห้วยและซึมผ่านเข้าไปในดินของพื้นที่ใกล้เคียง สร้างความชุ่มชื้นให้กับดินที่อยู่ในบริเวณดังกล่าว ระบบนี้เป็นระบบที่ให้รหัสประจำรูปแบบของการทดลองว่า “ I ” 2) รูปแบบของระบบชลประทานป่าแบบที่ 2 คือการสร้างฝายต้นน้ำลำธารตามลำห้วยธรรมชาติภายในพื้นที่ป่าทดลองเพื่อชะลอน้ำและกักเก็บน้ำในลำห้วยซึ่งเป็นน้ำฝนที่ไหลบ่าผิวดินมาลงในลำห้วย น้ำในลำห้วยเหล่านี้จะไหลแรงมากหรือน้อยนั้นเป็นไปตามความลาดชันของพื้นที่ ฝายต้นน้ำลำธารซึ่งสร้างกระจายไว้ทั่วพื้นที่จะช่วยชะลอน้ำเพื่อลดแรงไหลของน้ำ ช่วยลดการชะล้างของดินและการกัดเซาะลำห้วย ช่วยกักเก็บน้ำไว้ในฝายตลอดจนช่วยกักเก็บตะกอนดินที่ไหลมากับน้ำ การสร้างฝายตามวิธีการดังกล่าวจะช่วยให้มีน้ำอยู่ในฝายเพื่อให้ความชุ่มชื้นกับพื้นดินในบริเวณข้างเคียงในช่วงปลายฤดูฝนต่อต้นฤดูแล้ง รูปแบบของการชลประทานป่าแบบนี้มีชื่อเรียกเป็นรหัสประจำรูปแบบ คือ “ D ” 3) รูปแบบของการชลประทานป่าอีกรูปแบบหนึ่งเป็นการเลือกพื้นที่ป่าทดลองให้เป็นบริเวณที่มีการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กอยู่ภายในพื้นที่นั้นแล้วและใช้ประโยชน์ของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่โดยการส่งน้ำจากอ่างลงไปในลำห้วยธรรมชาติซึ่งมีการสร้างฝายชะลอน้ำเอาไว้เป็นช่วง ๆ การชลประทานป่าด้วยวิธีนี้จะทำให้พื้นดินในป่าชุ่มชื้นขึ้นเช่นเดียวกับการจัดการระบบชลประทานแบบที่ 2 แต่จะแตกต่างกันตรงที่แบบที่ 3 นี้ความชุ่มชื้นในพื้นที่ป่าซึ่งได้จากการซึมของน้ำจากฝายแล้วแผ่กระจายไปในดินนั้นเกิดขึ้นค่อนข้างจะสม่ำเสมอเนื่องจากมีการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำผ่านลงไปตามลำห้วยและกักเก็บไว้ในฝายเป็นช่วง ๆ ตลอดหน้าแล้งและช่วงที่ขาดฝน จึงทำให้ดินในป่ามีความชื้นค่อนข้างต่อเนื่องกว่าในป่าทดลองรูปแบบที่ 2 ชื่อรหัสของป่าชลประทานในรูปแบบที่ 3 นี้ คือ “ RD ” 4) รูปแบบของการศึกษาแบบที่ 4 นี้เป็นการศึกษาพื้นที่ป่าในสภาพธรรมชาติซึ่งไม่มีการจัดการระบบชลประทานเพื่อเสริมน้ำให้กับพื้นที่ ดังนั้นจึงเป็นกรรมวิธีการพัฒนาป่าตามแบบธรรมชาติโดยที่พื้นที่ป่าจะได้รับน้ำจากฝนแต่เพียงอย่างเดียว มีการจัดการในการดูแลไม่ให้มีการรบกวนป่า วิธีการนี้ความชุ่มชื้นในป่าจะเกิดได้จากน้ำฝนเท่านั้น รูปแบบนี้มีชื่อรหัสประจำรูปแบบ คือ “ R ”

ผลของการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาและการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าที่ได้รับการฟื้นฟูและการพัฒนาด้วยระบบชลประทานตามแนวพระราชดำรินี้ ได้มีการนำมาวิเคราะห์และประเมินผลเป็นช่วง ๆ ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของการศึกษาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน การติดตามผลที่เกิดขึ้นในแง่ของการฟื้นฟูป่าในส่วนที่เสื่อมโทรมและผลการพัฒนาป่าเพื่อให้เกิดการฟื้นตัวคืนสภาพสู่ความอุดมสมบูรณ์นั้นให้ข้อมูลที่น่าสนใจในหลาย ๆ ด้าน

วัตถุประสงค์ของโครงการ

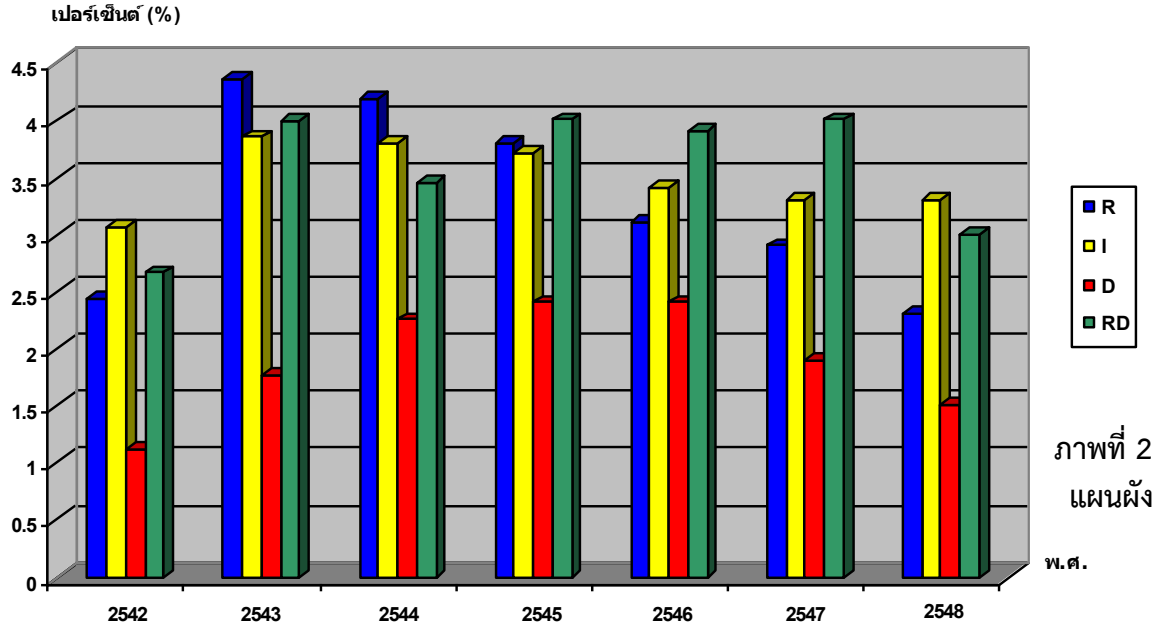
-

วิธีดำเนินการ

ในแง่ของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในลักษณะของความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทดลองการให้ระบบชลประทานรูปแบบต่าง ๆ แก่ป่าเสื่อมโทรมซึ่งเป็นป่าแห้งโดยธรรมชาตินั้น ได้มีการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ทดลองเพื่อนำมาทดสอบและวิเคราะห์หาความอุดมสมบูรณ์ของดินในลักษณะระดับของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ตามวิธีการปฏิบัติและการวิเคราะห์ดังกล่าวไว้ข้างต้น การดำเนินการทำโดยเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ป่าทดลองทั้ง 4 รูปแบบ ทั้งนี้ในพื้นที่ทดลองซึ่งเป็นรูปแบบป่าที่มีลักษณะพื้นที่เป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กนั้นการเก็บตัวอย่างดินจะเก็บมารูปแบบละ 9 จุด จุดละ 12 ตัวอย่าง ส่วนรูปแบบป่าทดลองที่มีลักษณะเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่นั้นเก็บตัวอย่างดินในจำนวนที่มากกว่า คือ เก็บมา 36 จุด จุดละ 2 ตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างกระทำเป็นเวลา 7 ปี ติดต่อกันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 จนถึง พ.ศ. 2548

ผลการศึกษาทดลองวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของพื้นที่ทดลองแต่ละพื้นที่(R, D, I และ RD) ได้วิเคราะห์ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและแสดงไว้ในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผัง

แสดงปริมาณอินทรียวัตถุต่อน้ำหนักดินโดยเฉลี่ยของพื้นที่ทดลองการฟื้นฟูและพัฒนาป่าด้วยระบบชลประทาน

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรียวัตถุในดินซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของดินดังแสดงไว้ในภาพที่ 2 จะเห็นว่าในแต่ละปีที่เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์นั้น ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ ดินของพื้นที่ทดลองที่มีการจัดการระบบชลประทานในพื้นที่ด้วยการสร้างฝายชะลอน้ำในลำห้วยธรรมชาติ (D) มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดในบรรดาพื้นที่ทดลองทั้งหมด และปริมาณอินทรียวัตถุของดินในพื้นที่ D นี้เมื่อวัดในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2548 พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุในดินในระดับที่ไม่แตกต่างกันมากนัก คือ มีปริมาณอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำจนถึงปานกลาง ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ทั้งที่เป็นพื้นที่รับน้ำฝน (R) และพื้นที่ที่มีการให้น้ำชลประทานจากแหล่งน้ำแล้วผ่านลงไปตามท่อเข้าพื้นที่ (I) รวมทั้งพื้นที่ที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กและมีฝายชะลอน้ำ (RD) ทั้งหมดนี้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงจนถึงสูง นอกจากนี้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ตรวจสอบได้ในแต่ละพื้นที่ในแต่ละปีจากปี พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2548 ถึงแม้ว่าจะพบว่ามีอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันไป แต่ก็ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก คือ โดยรวมแล้วยังคงอยู่ในระดับค่อนข้างสูงจนถึงสูงเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นในปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2548 ที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีต่ำกว่าปีอื่น ๆ

ผลของการวิเคราะห์ระดับของปริมาณอินทรียวัตถุในดินดังกล่าวข้างบนนั้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณอินทรียวัตถุที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดินในพื้นที่ทดลองที่รับน้ำฝน (R) จะเห็นได้ว่าปริมาณของอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงจนถึงสูงในทุก ๆ ปีที่วัดผล ทั้ง ๆ ที่ปริมาณความชื้นในดินของพื้นที่ทดลองดังกล่าวน่าจะต่ำกว่าพื้นที่ทดลองรูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากไม่มีการชลประทานเพื่อให้น้ำเสริมตลอดช่วงแล้งของปี แต่การที่จะวิจารณ์ถึงเหตุผลที่จะนำมาสนับสนุนหรือคัดค้านผลของการศึกษาทดลองที่ออกมาเป็นดังเช่นที่กล่าวไว้นั้นก่อนอื่นจะจึงต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยร่วมไปด้วย โดยเฉพาะปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของอินทรียวัตถุซึ่งเกิดจากการทับถมของเศษซากพืชและซากสัตว์ ปริมาณและคุณภาพของอินทรีย์สารที่ทับถมลงไปบนดิน สมบัติทางกายภาพของดิน ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสลายตัวของอินทรีย์สาร สภาพแวดล้อมของพื้นที่และปัจจัยอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวถึงอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ไว้ก่อนแล้วในตอนต้น แล้วนำสิ่งเหล่านั้นมาประมวลและวิเคราะห์โดยรวมถึงสภาพและความเป็นไปได้ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอันมีผลต่อสภาพของความอุดมสมบูรณ์ของดินที่วัดได้จากระดับของปริมาณอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ทดลองแปลงต่าง ๆ จากนั้นจึงจะสามารถวิเคราะห์และวิจารณ์ผลที่ได้อย่างถูกทิศทาง

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าในการศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งอันเกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ว่าจะเกิดเองในธรรมชาติหรือเกิดจากการดัดแปลงก็ตามจะต้องคำนึงและพิจารณาให้รอบด้านที่สุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากมีปัจจัยมากหลายที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน เหลื่อมทับ ต่อเนื่อง และ มีผลกระทบซึ่งกันและกัน ทั้งยังมีปัจจัยของเวลาที่ล่วงผ่าน ซึ่งอาจจะทำให้ผลกระทบที่เคยเกิดในระดับต่ำแปรเป็นผลกระทบที่ส่งผลแรงขึ้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะไม่มีการหยุดนิ่งเพียงแต่เกิดในอัตราที่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตามอย่างใกล้ชิดภายในช่วงเวลาที่พอเหมาะจะช่วยให้การประเมินผลในแง่ต่าง ๆ เป็นไปอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผลมากขึ้น

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการฟื้นฟูและพัฒนาป่าเสื่อมโทรมตามแนวพระราชดำริภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีการศึกษาด้านกายภาพของดินในพื้นที่ป่าซึ่งมีกรรมวิธีการทดลองการชลประทานเพื่อฟื้นฟูตามวิธีการต่าง ๆ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมคือการปล่อยให้ป่าฟื้นฟูและพัฒนาตามสภาพธรรมชาติที่มีเพียงน้ำฝนในการให้ความชุ่มชื้นแก่พื้นที่ หลังจากการฟื้นฟูและพัฒนาผ่านไปเป็นช่วงเวลาหนึ่งจึงได้มีการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดินในบริเวณพื้นที่ที่มีการทดลองกรรมวิธี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ป่าที่มีการจัดระบบชลประทานแบบการสร้างฝายชะลอน้ำและกักเก็บน้ำในลำห้วยธรรมชาติมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่วัดในแต่ละปีในช่วงปี พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2548 ในระดับที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และมีปริมาณอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำจนถึงปานกลาง ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ทดลองที่มีการให้น้ำและจัดระบบชลประทานด้วยการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำผ่านไปตามท่อเข้าสู่พื้นที่เป็นช่วง ๆ และพื้นที่ทดลองที่มีระบบชลประทานผ่านท่อน้ำร่วมกับการสร้างฝายชะลอน้ำในพื้นที่นั้นมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงจนถึงสูงเช่นเดียวกับดินของพื้นที่ในกรรมวิธีควบคุมคือพื้นที่รับน้ำฝน